

**UNTERSUCHUNGEN DER
SEGMENTALEN BIOIMPEDANZANALYSE
BEI ÄLTEREN MENSCHEN
UNTER SPEZIELLER
BERÜCKSICHTIGUNG DER ASPEKTE
ANWENDBARKEIT, GENAUIGKEIT
UND EINFLUSSFAKTOREN**



Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
vorgelegt von
Katharina Charlotte Mally
Kiel, Juli 2011

Referentin:

Prof. Dr. Manuela Dittmar

Korreferent:

Prof. Dr. Thomas Roeder

Tag der mündlichen Prüfung:

29. September 2011

Zum Druck genehmigt

29. September 2011

Teile dieser Arbeit wurden in Form von Artikeln in Fachzeitschriften veröffentlicht und in Form eines Vortrages auf einer Tagung präsentiert:

Publikationen:

Mally K, Trentmann J, Heller M, Dittmar M (2011) Reliability and accuracy of segmental bioelectrical impedance analysis for assessing muscle and fat mass in older Europeans: a comparison with dual-energy X-ray absorptiometry. European Journal of Applied Physiology. Jan 14. DOI: 10.1007/s00421-010-1795-x

Mally K, Dettbarn K, Dittmar M (2011) Influence of electrode position on segmental resistance, reactance, and phase angle values. International Journal of Body Composition Research 9: 25-32.

Vortrag:

Mally K, Heller M, Dittmar D (2010) Genauigkeit der segmentalen Bioimpedanzanalyse zur Bestimmung von Muskel- und Fettmasse in Armen und Beinen älterer Menschen - ein Vergleich mit DEXA. 2. Gemeinsamer Kongress der Deutschen Gesellschaft für Gerontologie und Geriatrie und der Schweizerischen Gesellschaft für Gerontologie und 10. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Gerontologie und Geriatrie, 15.-17.09.2010, Berlin.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Altern und Körperzusammensetzung.....	2
1.2	Methoden zur Erfassung der Körperzusammensetzung	3
1.3	Bioimpedanzanalyse (BIA)	4
1.3.1	Allgemeine Grundlagen	5
1.3.2	Segmentale Bioimpedanzanalyse.....	8
1.3.3	Fehlerquellen und Einflussfaktoren auf die Bioimpedanzanalyse	11
1.3.4	Anwendungsbereiche der segmentalen Bioimpedanzanalyse.....	13
1.4	Zielsetzungen.....	15
2	Probanden und Methoden	17
2.1	Probanden	17
2.2	Methoden.....	19
2.2.1	Mehrfrequenz-Bioimpedanzanalyse (MF-BIA).....	20
2.2.2	Monofrequente segmentale Bioimpedanzanalyse (sBIA).....	27
2.2.3	Doppelröntgen-Absorptionsmessung (DXA).....	28
2.2.4	Elektromyographie.....	32
2.2.5	Anthropometrie	34
2.2.6	Vigorimetrie	36
2.2.7	Blutdruckmessung.....	37
2.2.8	Fragebogen zur Erfassung der körperlichen Aktivität	38
2.2.8.1	Freiburger Fragebogen	38
2.2.8.2	Aktivitätsfragebogen für ältere Menschen	39
2.2.9	Fragebogen zu personenbezogenen Merkmalen	40
2.2.10	Statistische Verfahren	40
3	Ergebnisse	43
3.3	Deskriptive Merkmale der Probanden	43
3.3.1	Gesamtes älteres Probandenkollektiv	43
3.3.1.1	Allgemeine Kennzeichen	43
3.3.1.2	Anthropometrische Merkmale.....	48
3.3.1.3	Direkte Messwerte der BIA, daraus berechnete und mittels DXA erfasste Körperkompartimente und maximale Handkraft	51
3.3.2	Deskriptive Merkmale der Untergruppen	55
3.3.2.1	Probanden für die Validierung der sBIA gegen DXA	55

3.3.2.2	Probanden für den Vergleich unterschiedlicher Messtechniken der segmentalen MF-BIA.....	56
3.3.2.3	Probanden für die Ermittlung des Einflusses der Steh- und Liegedauer auf die segmentale MF-BIA.....	57
3.3.3	Probanden für den Vergleich verschiedener Elektrodenplatzierungen im Hüftbereich für die direkten Messwerte des Beines der segmentalen MF-BIA (jüngeres Probandenkollektiv).....	58
3.4	Reliabilität der segmentalen Bioimpedanzanalyse	59
3.4.1	Segmentaler monofrequenter Bioimpedanzanalysator.....	59
3.4.2	Segmentaler Mehrfrequenz-Bioimpedanzanalysator	61
3.5	Vergleich zwischen Männern und Frauen hinsichtlich Anthropometrie, Aktivität, Muskelspannung, Handkraft, Widerstandswerten und abgeleiteten Kompartimenten.....	64
3.6	Vergleich von rechter und linker Körperseite hinsichtlich Anthropometrie, Handkraft, Widerstandswerten und abgeleiteten Kompartimenten	73
3.7	Vergleich der verwendeten segmentalen Messgeräte hinsichtlich deren direkten und abgeleiteten Messgrößen.....	78
3.8	Genauigkeit der mit sBIA ermittelten Kompartimente verglichen mit DXA	81
3.8.1	Genauigkeit auf Populationsebene.....	81
3.8.2	Genauigkeit auf Individualebene	85
3.8.3	Einflussfaktoren auf die prozentuale Abweichung	86
3.9	Vergleich von Messtechnik und Elektrodenpositionierung der segmentalen MF-BIA	91
3.9.1	Vergleich der Messtechniken.....	91
3.9.2	Einfluss der Elektrodenposition an der Hüfte auf die Messwerte im Bein	100
3.10	Einflussfaktoren auf direkte Messwerte der sBIA.....	104
3.10.1	Einfluss der Körperposition	104
3.10.2	Veränderung des Blutdrucks im Stehen und im Liegen.....	124
3.10.3	Einfluss der Muskelspannung im Bein.....	126
3.10.4	Einfluss des Aktivitätsgrades	135
3.10.5	Einfluss der Handkraft	142
4	Diskussion	145
4.1	Reproduzierbarkeit der sBIA.....	145
4.2	Genauigkeit der sBIA	146
4.3	Vergleich unterschiedlicher Techniken zur segmentalen BIA Messung von ganzem Körper, Armen und Beinen	150

4.4	Einfluss verschiedener Faktoren auf die sBIA	158
4.4.1	Elektrodenplatzierung	158
4.4.2	Körperposition und Blutdruck.....	161
4.5	Synopsis	164
5	Zusammenfassung.....	167
6	Summary	170
7	Literatur	173
8	Anhang	183
A-1	Probandeninformation (verkleinert).....	183
A-2	Einverständniserklärung (verkleinert)	185
A-3	Fragebogen Allgemeine Angaben (verkleinert)	186
A-4	Freiburger Fragebogen - Kurzform (verkleinert)	189
A-5	Fragebogen zur körperlichen Aktivität nach Voorrips et al. (1991) (verkleinert) ..	190
A-6	Datenbogen (verkleinert)	194
A-7	Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung (K-S-Test).....	202
A-8	Verlauf der Messwerte von t_0 zu t_{50} – Resistanz ganzer Körper	234
A-9	Verlauf der Messwerte von t_0 zu t_{50} – Reaktanz ganzer Körper	235
A-10	Verlauf der Messwerte von t_0 zu t_{50} – Phasenwinkel ganzer Körper	236
A-11	Verlauf der Messwerte von t_0 zu t_{50} – Resistanz rechter Arm	237
A-12	Verlauf der Messwerte von t_0 zu t_{50} – Reaktanz rechter Arm	238
A-13	Verlauf der Messwerte von t_0 zu t_{50} – Phasenwinkel rechter Arm.....	239
A-14	Verlauf der Messwerte von t_0 zu t_{50} – Resistanz rechtes Bein.....	240
A-15	Verlauf der Messwerte von t_0 zu t_{50} – Reaktanz rechtes Bein.....	241
A-16	Verlauf der Messwerte von t_0 zu t_{50} – Phasenwinkel rechtes Bein	242
A-17	Verlauf der Messwerte von t_0 zu t_{50} – systolischer Druck, diastolischer Druck, Puls.....	243
9	Danksagung.....	244
10	Erklärung.....	245
11	Wissenschaftlicher Werdegang	246

Abkürzungsverzeichnis

ε	dielektrische Permittivität in Relation zum Vakuum
ε_0	dielektrische Permittivität des Vakuums
φ	Phasenwinkel
φ_5	Phasenwinkel bei 5 kHz
φ_{50}	Phasenwinkel bei 50 kHz
φ_{100}	Phasenwinkel bei 100 kHz
ρ	spezifischer elektrischer Widerstand eines Leiters
ω	Kreisfrequenz ($2 \times \pi \times f$)
A	Querschnittsfläche
BIA	Bioimpedanzanalyse
BMI	Body Mass Index
BMC	Knochenmineralgehalt (Bone Mineral Content)
BMD	Knochendichte (Bone Mineral Density)
bpm	beats per minute (Schläge pro Minute)
C	Kapazität
CT	Computertomographie
DI_stehend	direkter Messwert von Nutriguard-M + Schaltgerät (Data Input) im Stehen
DI_liegend	direkter Messwert von Nutriguard-M + Schaltgerät (Data Input) im Liegen
DXA	Doppelröntgen-Absorptionsmessung (Dual X-Ray Absorptiometry)
EMG	Elektromyographie
EMG-Max	Maximale Amplitude des Elektromyogramms
EMG-Mittel	Mittlere Amplitude des Elektromyogramms
EMG-Integral	Integral über des Elektromyogramm
FFM	fettfreie Masse
FM	Fettmasse

f	Frequenz
I	Stromstärke
L	Länge des elektrischen Leiters
LA	linker Arm
LB	linkes Bein
Max	Maximum
MET	Metabolisches Äquivalent
MF-BIA	Mehrfrequenz-Bioimpedanzanalyse
Min	Minimum
MM	Muskelmasse
MRT	Magnetresonanztomographie
MW	Mittelwert
MZP	Messzeitpunkt
N	Probandenanzahl
R	Resistanz
R ₅	Resistanz bei 5 kHz
R ₅₀	Resistanz bei 50 kHz
R ₁₀₀	Resistanz bei 100 kHz
RA	rechter Arm
RÄ	Richtung der Änderung
RB	rechtes Bein
SD	Standardabweichung (Standard Deviation)
sBIA	segmentale Bioimpedanzanalyse
T _{stehend}	direkter Messwert von BC-418 MA (Tanita) im Stehen
T1	Technik 1 (direkte segmentale Messungen mit zusätzlichen Elektroden)
T2	Technik 2 (segmentale Messungen mit Schaltgerät)
T3	Technik 3 (segmentale Messungen ohne Schaltgerät)

t_0	Startzeitpunkt der Messung (stehend)
t_{10}	Startzeitpunkt der Messung + 10 Minuten (stehend)
t_{20}	Startzeitpunkt der Messung + 20 Minuten (liegend)
t_{30}	Startzeitpunkt der Messung + 30 Minuten (liegend)
t_{40}	Startzeitpunkt der Messung + 40 Minuten (liegend)
t_{50}	Startzeitpunkt der Messung + 50 Minuten (liegend)
TBM	Gesamtmasse (Total Body Mass)
TBW	Gesamtkörperwasser (Total Body Water)
U	Spannung
V	Volumen
WHO	World Health Organisation
X_c	Reaktanz
X_{c5}	Reaktanz bei 5 kHz
X_{c50}	Reaktanz bei 50 kHz
X_{c100}	Reaktanz bei 100 kHz;
Z	Impedanz
Z_{AL}	Impedanz Arm links
Z_{AR}	Impedanz Arm rechts
Z_{AL}	Impedanz Bein links
Z_{BR}	Impedanz Bein links
Z_R	Impedanz Rumpf

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Übersicht über Anzahl und mittleres Alter der Probanden in den Teilbereichen

Tabelle 2 Untersuchte Variablen mittels segmentaler Mehrfrequenz-Bioimpedanzanalyse
(Data Input)

Tabelle 3 Untersuchte Variablen mittels segmentaler Monofrequenz-Bioimpedanzanalyse
(Tanita)

Tabelle 4 Untersuchte Variablen mittels Doppelröntgen-Absorptionsmessung

Tabelle 5 Mittels Elektromyographie untersuchte Variablen, die jeweils im Liegen und im
Stehen gemessen wurden

Tabelle 6 Beschreibung der verwendeten anthropometrischen Maße nach Knußmann (1988)
mit Messinstrument

Tabelle 7 Messvariablen der Vigorimetrie

Tabelle 8 Messvariablen der Vigorimetrie

Tabelle 9 Selbsteinschätzung des Gesundheitszustandes

Tabelle 10 Übersicht über die Anzahl an Probanden, mit einer vom Arzt diagnostizierten
Krankheit (Mehrfachnennungen möglich)

Tabelle 11 Medikamentös behandelte Krankheiten (Mehrfachnennungen möglich)

Tabelle 12 Anteile der Probanden, die Knochenbrüche erlitten hatten mit Angabe der
zurückliegenden Jahre

Tabelle 13 Anthropometrische Merkmale der Probanden

Tabelle 14 Mittlere Werte für R, Xc und ϕ in den einzelnen Segmenten gemessen mit dem
Mehrfrequenz-Bioimpedanzanalysator Nutriguard-M + Schaltgerät (Data Input)
im Liegen

Tabelle 15 Mittlere Werte für die Impedanz in den einzelnen Segmenten (Tanita)

Tabelle 16 Körperkompartimente für den ganzen Körper bestimmt mittels
Bioimpedanzanalyse (Data Input)

Tabelle 17 Mittlere Werte für die Körperkompartimente bestimmt mittels segmentaler
Bioimpedanzanalyse (Tanita)

Tabelle 18 Mittlere Werte der Doppelröntgen-Absorptionsmessung

Tabelle 19 Deskriptive Merkmale der Probanden für die Validierung der segmentalen Bioimpedanzanalyse gegen Doppelröntgen-Absorptionsmessung

Tabelle 20 Ausgewählte Merkmale der Probanden, an denen unterschiedliche Messtechniken untersucht wurden.

Tabelle 21 Deskriptive Merkmale der Probanden, an denen der Einfluss der Steh- und Liegedauer auf die direkten Messwerte ermittelt wurde

Tabelle 22 Deskriptive Merkmale der Probandinnen (N = 20), die an der Untersuchung zum Einfluss der Elektrodenplatzierung an der Hüfte auf die Impedanz des Beines teilgenommen hatten

Tabelle 23 Mittelwerte der ersten und zweiten Messung mit Standardabweichung für Muskel- und Fettmasse in den einzelnen Segmenten

Tabelle 24 Test auf Reliabilität mittels t-Test für gepaarte Stichproben der abgeleiteten Werte Muskelmasse und Fettmasse (Tanita) für die einzelnen Segmente

Tabelle 25 Korrelationenkoeffizienten nach Spearman für die erste Messung und die Wiederholungsmessung von Muskelmasse und Fettmasse des ganzen Körpers, der Arme, der Beine und des Rumpfes

Tabelle 26 Mittelwerte der ersten und zweiten Messung mit Standardabweichung für direkte Messwerte in den einzelnen Segmenten

Tabelle 27 Test auf Reliabilität der direkten Messwerte Resistanz, Reaktanz und Phasenwinkel, die mittels Bioimpedanzanalysator von Data Input erfasst wurden, des ganzen Körpers, der Arme und der Beine für normalverteilte Daten mittels t-Test nach Student für gepaarte Stichproben bzw. für nicht normalverteilte Daten mittels Wilcoxon-Test

Tabelle 28 Vergleich von Männern (N = 52) und Frauen (N = 50) mittels t-Test für unverbundene Stichproben hinsichtlich anthropometrischer Merkmale

Tabelle 29 Vergleich von Männern und Frauen mittels Man-Whitney-u-Test hinsichtlich der körperlichen Aktivität (Freiburger Fragebogen)

Tabelle 30 Vergleich von Männern und Frauen mittels T-Test für unverbundene Stichproben hinsichtlich der körperlichen Aktivität (Voorrips et al. 1992)

Tabelle 31 Vergleich von Männern und Frauen mittels Man-Whitney-u-Test hinsichtlich der Muskelspannungen des rechten Unterschenkels im Liegen und im Stehen

Tabelle 32 Vergleich von Männern und Frauen mittels t-Test hinsichtlich der maximalen Handkraft

Tabelle 33 Vergleich von Männern (N = 52) und Frauen (N = 50) mittels t-Test für unverbundene Stichproben hinsichtlich der Bioimpedanzwerte Reaktanz, Resistanz und Phasenwinkel gemessen mit dem Gerät von Data Input

Tabelle 34 Vergleich von Männern (N = 52) und Frauen (N = 50) mittels Man-Whitney-Test für unverbundene Stichproben hinsichtlich der nicht normalverteilten Bioimpedanzwerte Reaktanz und Resistanz des rechten Beins (Data Input)

Tabelle 35 Vergleich von Männern (N = 51) und Frauen (N = 48) mittels t-Test für unverbundene Stichproben hinsichtlich der Impedanzwerte (Tanita)

Tabelle 36 Vergleich von Männern (N = 50) und Frauen (N = 50) mittels t-Test für unverbundene Stichproben hinsichtlich der mittels DXA bestimmten Werte

Tabelle 37 Vergleich von Männern und Frauen mittels t-Test für unverbundene Stichproben hinsichtlich der abgeleiteten Körperkompartimente

Tabelle 38 Vergleich von Männern und Frauen mittels Man-Whitney-u-Test hinsichtlich der der fettfreien Masse im linken Arm (Tanita)

Tabelle 39 Vergleich von Männern und Frauen mittels t-Test für unverbundene Stichproben hinsichtlich der abgeleiteten Körperkompartimente des ganzen Körpers (Data Input)

Tabelle 40 Vergleich von rechter und linker Körperseite mittels t-Test für verbundene Stichproben hinsichtlich anthropometrischer Merkmale

Tabelle 41 Vergleich von rechter und linker Körperseite mittels t-Test für verbundene Stichproben hinsichtlich maximaler Handkraft

Tabelle 42 Mittelwerte mit Standardabweichung von rechter und linker Körperseite der Resistanz, Reaktanz und des Phasenwinkels bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz

Tabelle 43 Vergleich von rechter und linker Körperseite mittels t-Test für verbundene Stichproben bzw. Wilcoxon-Test hinsichtlich Resistanz, Reaktanz und Phasenwinkel bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz

- Tabelle 44 Vergleich von rechter und linker Körperseite mittels t-Test für verbundene Stichproben bzw. Wilcoxon Test hinsichtlich direkter und abgeleiteter Werte (Tanita)
- Tabelle 45 Vergleich von rechter und linker Körperseite mittels t-Test für verbundene Stichproben hinsichtlich mit Doppelröntgen-Absorptionsmessung (DXA) bestimmter Merkmale
- Tabelle 46 Mittelwerte der direkten Messwerte gemessen mit dem Gerät von Tanita und dem Gerät von Data Input + Schaltgerät im Stehen und im Liegen
- Tabelle 47 Vergleich der direkten Messwerte bei 50 kHz für den ganzen Körper, Arme und Beine mittels t-Test für verbundene Stichproben, bzw- Wilcoxon-Test.
- Tabelle 48 Mittelwerte der abgeleiteten Kompartimente gemessen mit dem Gerät von Tanita und dem Gerät von Data Input + Schaltgerät im Stehen und im Liegen
- Tabelle 49 Vergleich von Tanita und Data Input hinsichtlich der abgeleiteten Körperkompartimente für den ganzen Körper mittels t-Test für verbundene Stichproben
- Tabelle 50 Vergleich von sBIA mit DXA hinsichtlich der Muskelmasse mittels t-Test für gepaarte Stichproben
- Tabelle 51 Vergleich von sBIA mit DXA hinsichtlich der fettfreien Masse mittels t-Test für gepaarte Stichproben
- Tabelle 52 Vergleich von sBIA mit DXA hinsichtlich der absoluten Fettmasse mittels t-Test für gepaarte Stichproben
- Tabelle 53 Vergleich von sBIA mit DXA hinsichtlich der prozentualen Fettmasse mittels t-Test für gepaarte Stichproben
- Tabelle 54 Zusammenhänge zwischen verschiedenen unabhängigen Variablen und der prozentualen Abweichung der sBIA-Werte von den DXA-Werten in der Muskelmasse (abhängige Variablen) zur Bestimmung der Muskelmasse bei 72 älteren Probanden, bestimmt mit Regressionsanalysen. Signifikante Zusammenhänge sind in Fettdruck markiert
- Tabelle 55 Zusammenhänge zwischen verschiedenen unabhängigen Variablen und der prozentualen Abweichung der sBIA-Werte von den DXA-Werten in der Fettmasse (abhängige Variablen) zur Bestimmung der Fettmasse bei 72 älteren

Probanden, bestimmt mit Regressionsanalysen. Signifikante Zusammenhänge sind in Fettdruck markiert

Tabelle 56 Mittelwerte der direkten Messwerte R, Xc und ϕ des ganzen Körpers bei Technik 1, 2 und 3, dargestellt für Männer und Frauen

Tabelle 57 Mittelwerte der direkten Messwerte R, Xc und ϕ des rechten und des linken Arms bei Technik 1, 2 und 3 dargestellt für Männer und Frauen

Tabelle 58 Mittelwerte der direkten Messwerte R, Xc und ϕ des rechten und des linken Beins bei Technik 1, 2 und 3 dargestellt für Männer und Frauen

Tabelle 59 Unterschiede zwischen drei Bioimpedanzanalysetechniken bei 68 Probanden, analysiert mit ANOVA für Messwiederholungen. Haupteffekte und Interaktionseffekte auf die Bioimpedanzanalysevariablen sind für den ganzen Körper, den rechten und linken Arm und das rechte und linke Bein dargestellt.

Tabelle 60 Vergleich der Bioimpedanzanalysetechnik 2 mit den Techniken 1 und 3 mittels t-Test für verbundene Stichproben

Tabelle 61 Zusammenfassung der Werte aus vergleichbaren Studien für die mittleren Werte für Resistanz, Reaktanz und Phasenwinkel bei 50 kHz des Beines und des ganzen Körpers, basierend auf den Elektrodenpositionen 1 bzw. 5 der Hüftregion

Tabelle 62 Mittlere Werte des ganzen Körpers für die Resistanz bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz an den Messzeitpunkten $t_0 - t_{50}$

Tabelle 63 Mittlere Werte des ganzen Körpers für die Reaktanz bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz an den Messzeitpunkten $t_0 - t_{50}$

Tabelle 64 Mittlere Werte des ganzen Körpers für den Phasenwinkel bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz an den Messzeitpunkten $t_0 - t_{50}$

Tabelle 65 Mittlere Werte des rechten Arms für die Resistanz bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz an den Messzeitpunkten $t_0 - t_{50}$

Tabelle 66 Mittlere Werte des rechten Arms für die Reaktanz bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz an den Messzeitpunkten $t_0 - t_{50}$

Tabelle 67 Mittlere Werte des rechten Arms für den Phasenwinkel bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz an den Messzeitpunkten $t_0 - t_{50}$

-
- Tabelle 68 Mittlere Werte des rechten Beins für Resistanz (R), Reaktanz (X_c) und Phasenwinkel (φ) bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz an den Messzeitpunkten $t_0 - t_{50}$
- Tabelle 69 Mittlere Werte des rechten Beins für die Reaktanz bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz an den Messzeitpunkten $t_0 - t_{50}$
- Tabelle 70 Mittlere Werte des rechten Beins für Resistanz (R), Reaktanz (X_c) und Phasenwinkel (φ) bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz an den Messzeitpunkten $t_0 - t_{50}$
- Tabelle 71 Vergleich von Resistanz, Reaktanz und Phasenwinkel bei 5, 50 und 100 kHz für den ganzen Körper, den rechten Arm und das rechte Bein zu den Zeitpunkten t_0 , t_{10} , t_{20} , t_{30} , t_{40} , und t_{50} getrennt für Männer und Frauen mittels der ANOVA für Messwertwiederholungen bei normalverteilten Daten und des Friedman-Tests für nicht normalverteilte Daten.
- Tabelle 72 Vergleich der Messzeitpunkte t_0 und t_{20} für R, X_c und φ bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz für den ganzen Körper mittels t-Test für verbundene Stichproben.
- Tabelle 73 Vergleich der Messzeitpunkte t_0 und t_{20} für R, X_c und φ bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz für rechten Arm und rechtes Bein mittels t-Test für verbundene Stichproben bzw. Wilcoxon-Test
- Tabelle 74 Vergleich der Messzeitpunkte t_{20} und t_{50} für R, X_c und φ bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz für den ganzen Körper mittels t-Test für verbundene Stichproben.
- Tabelle 75 Vergleich der Messzeitpunkte t_{20} und t_{50} für R, X_c und φ bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz für den ganzen Körper, rechten Arm und rechtes Bein mittels t-Test für verbundene Stichproben bzw. Wilcoxon-Test.
- Tabelle 76 Vergleich der Messzeitpunkte t_{20} und t_{30} für R, X_c und φ bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz für den ganzen Körper mittels t-Test für verbundene Stichproben.
- Tabelle 77 Vergleich der Messzeitpunkte t_{20} und t_{30} für R, X_c und φ bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz für rechten Arm und rechtes Bein mittels t-Test für verbundene Stichproben bzw. Wilcoxon-Test
- Tabelle 78 Vergleich der Messzeitpunkte t_{30} und t_{40} für R, X_c und φ bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz für den ganzen Körper mittels t-Test für verbundene Stichproben.
- Tabelle 79 Vergleich der Messzeitpunkte t_{30} und t_{40} für R, X_c und φ bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz für rechten Arm und rechtes Bein mittels t-Test für verbundene Stichproben bzw. Wilcoxon-Test

-
- Tabelle 80 Vergleich der Messzeitpunkte t_{40} und t_{50} für R, X_c und ϕ bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz für den ganzen Körper mittels t-Test für verbundene Stichproben.
- Tabelle 81 Vergleich der Messzeitpunkte t_{40} und t_{50} für R, X_c und ϕ bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz für rechten Arm und rechtes Bein mittels t-Test für verbundene Stichproben bzw. Wilcoxon-Test
- Tabelle 82 Vergleich der prozentualen Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten t_{20} und t_{30} mit den Unterschieden zwischen den Messzeitpunkten t_{30} und t_{40} des ganzen Körpers mittels Wilcoxon-Test
- Tabelle 83 Vergleich der prozentualen Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten t_{20} und t_{30} mit den Unterschieden zwischen den Messzeitpunkten t_{30} und t_{40} des Arms und des Beins mittels Wilcoxon-Test
- Tabelle 84 Vergleich der prozentualen Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten t_{30} und t_{40} mit den Unterschieden zwischen den Messzeitpunkten t_{40} und t_{50} des ganzen Körpers mittels Wilcoxon-Test
- Tabelle 85 Vergleich der prozentualen Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten t_{30} und t_{40} mit den Unterschieden zwischen den Messzeitpunkten t_{40} und t_{50} des Arms und des Beins mittels Wilcoxon-Test
- Tabelle 86 Mittlere Werte für Systole, Diastole und Puls zu den Zeitpunkten $t_0 - t_{50}$
- Tabelle 87 Vergleich von t_0 und t_{20} sowie t_{20} und t_{50} hinsichtlich Systole, Diastole und Puls mittels t-Test nach Student für gepaarte Stichproben
- Tabelle 88 Vergleich der Muskelspannung im Stehen und im Liegen hinsichtlich maximaler Muskelspannung, mittlerer Muskelspannung und Integral über den Spannungsverlauf mittels Wilcoxon-Test
- Tabelle 89 Zusammenhänge zwischen Elektromyographie und direkten Messwerten der segmentalen Bioimpedanzanalyse des ganzen Körpers mit Korrelationen nach Spearman (Männer: N = 52; Frauen: N = 50)
- Tabelle 90 Zusammenhänge zwischen Elektromyographie und direkten Messwerten der segmentalen Bioimpedanzanalyse des rechten Armes mit Korrelationen nach Spearman (Männer: N = 52; Frauen: N = 50)

- Tabelle 91 Zusammenhänge zwischen Elektromyographie und direkten Messwerten der segmentalen Bioimpedanzanalyse des linken Armes mit Korrelationen nach Spearman (Männer: N = 52; Frauen: N = 50)
- Tabelle 92 Zusammenhänge zwischen Elektromyographie und direkten Messwerten der segmentalen Bioimpedanzanalyse des rechten Beines mit Korrelationen nach Spearman (Männer: N = 52; Frauen: N = 50)
- Tabelle 93 Zusammenhänge zwischen Elektromyographie und direkten Messwerten der segmentalen Bioimpedanzanalyse des linken Beines mit Korrelationen nach Spearman (Männer: N = 52; Frauen: N = 50)
- Tabelle 94 Zusammenhänge zwischen den Differenzen von Elektromyographie im Stehen und im Liegen und den Differenzen der direkten Messwerten der segmentalen Bioimpedanzanalyse des ganzen Körpers im Stehen und im Liegen mit Korrelationen nach Spearman (Männer: N = 52; Frauen: N = 50)
- Tabelle 95 Zusammenhänge zwischen den Differenzen von Elektromyographie im Stehen und im Liegen und den Differenzen der direkten Messwerten der segmentalen Bioimpedanzanalyse der Arme im Stehen und im Liegen mit Korrelationen nach Spearman (Männer: N = 52; Frauen: N = 50)
- Tabelle 96 Zusammenhänge zwischen den Differenzen von Elektromyographie im Stehen und im Liegen und den Differenzen der direkten Messwerten der segmentalen Bioimpedanzanalyse der Beine im Stehen und im Liegen mit Korrelationen nach Spearman (Männer: N = 52; Frauen: N = 50)
- Tabelle 97 Signifikante Zusammenhänge der körperlichen Aktivität bestimmt mittels Freiburger Fragebogen und Aktivitätsfragebogen nach Voorrips et al. (1991) mit anthropometrischen Merkmalen. Es sind alle Variablen aus Tabelle 6 in die Berechnung eingegangen.
- Tabelle 98 Signifikante Zusammenhänge der körperlichen Aktivität bestimmt mittels Freiburger Fragebogen und Aktivitätsfragebogen nach Voorrips et al. (1991) mit abgeleiteten Körperkompartimenten mit dem Gerät von Tanita mittels Korrelationen nach Pearson. Es sind alle Variablen aus Tabelle 3 in die Berechnung eingegangen.
- Tabelle 99 Signifikante Zusammenhänge der körperlichen Aktivität bestimmt mittels Freiburger Fragebogen und Aktivitätsfragebogen nach Voorrips et al. (1991) mit

direkt gemessenen Widerstandswerten mit dem Gerät von Data Input und abgeleiteten Werten (Variablen siehe Tabelle 2).

Tabelle 100 Signifikante Korrelationen nach Pearson von Handkraft rechts und verschiedenen Messparametern für Männer und Frauen. Eingegangen in die Berechnung sind alle Variablen nach Tabellen 2, 3 und 4

Tabelle 101 Signifikante Korrelationen nach Pearson von Handkraft links und verschiedenen Messparametern für Männer und Frauen. Eingegangen in die Berechnung sind alle Variablen nach Tabellen 2, 3 und 4

Tabelle 102 Zusammenfassung der Studien über Ganzkörper und Segmentale Resistanz (R) und Reaktanz (Xc) Daten gemessen bei 50 kHz bei Erwachsenen mit Technik 1. Mittlere Werte sind dargestellt.

Tabelle 103 Zusammenfassung der Studien über Ganzkörper und Segmentale Resistanz (R) und Reaktanz (Xc) Daten gemessen bei 50 kHz bei Erwachsenen mit Technik 2. Mittlere Werte sind dargestellt.

Tabelle 104 Zusammenfassung der Studien über Ganzkörper und Segmentale Resistanz (R) und Reaktanz (Xc) Daten gemessen bei 50 kHz bei Erwachsenen mit Technik 3. Mittlere Werte sind dargestellt.

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1 Bevölkerungsstand 2008 und Vorausberechnung der Bevölkerungsentwicklung in Deutschland für das Jahr 2060 (Statistisches Bundesamt 2009)
- Abbildung 2 Zylindermodell des menschlichen Körpers. Z_{AR} = Impedanz Arm rechts; Z_{AL} = Impedanz Arm links; Z_{BR} = Impedanz Bein rechts; Z_{BL} = Impedanz Bein links; Z_R = Impedanz Rumpf (Quelle: Autorin)
- Abbildung 3 Verteilung der Impedanz im menschlichen Körper bei einer kontralateralen Elektrodenplatzierung zur Stromeinspeisung an Handgelenk und Knöchel. Jede Linie (Äquipotentiallinie) markiert 2% der Gesamtkörperimpedanz und liegt auf dem gleichen elektrischen Potential (nach Foster und Lukaski 1996).
- Abbildung 4 Übersicht über die Ziele der Arbeit und die angewendeten Methoden.
- Abbildung 5 Mehrfrequenz Bioimpedanzanalysator Nutriguard-M, Data Input (Quelle: Autorin)
- Abbildung 6 Schaltgerät-Prototyp als Zusatz zu Bioimpedanzanalysegerät Nutriguard-M (Data Input) zur Steuerung der Stromwege (Quelle: Autorin)
- Abbildung 7 Bioimpedanzanalysator Nutriguard-M mit zusätzlichem Schaltgerät, Messkabeln und Netzgerät zur Stromversorgung des Schaltgerätes (Quelle: Autorin)
- Abbildung 8 Positionierung der Elektroden bei segmentalen Mehrfrequenz-Bioimpedanzmessungen schwarze Ellipsen = Speiseelektroden; weiße Ellipsen = Sensorelektroden (Quelle: Autorin)
- Abbildung 9 Segmentale Messungen nach dem Konzept der Äquipotentiale, beispielhaft für die rechte Körperseite. Dargestellt sind die manuellen Verbindungen der Anschlüsse zur Messung (a) des Armes und (b) des Beines, sowie (c) Verbindung der Anschlüsse unter Verwendung des Schaltgerätes. RA = rechter Arm, LA = linker Arm, RB = rechtes Bein, LB = linkes Bein; weiße Ellipsen = Messelektroden, schwarze Ellipsen = Speiseelektroden (Quelle: Autorin)
- Abbildung 10 Anschlüsse für die direkten segmentalen Messung des rechten und linken Armes (RA, LA) und des rechten und linken Beines (RB, LB); schwarze Ellipsen = Speiseelektroden; weiße Ellipsen = Messelektroden (Quelle: Autorin)

Abbildung 11 Verschiedene Positionierungen der Messelektrode (graue Rechtecke) im Hüftbereich zur Messung der Impedanz des Beins. Position 1 entspricht den Vorgaben von Fuller und Elia (1989) anterior der *Crista iliaca*, Position 5 den Vorgaben von Chumlea et al. (1988) auf Höhe der Glutealfalte. (Quelle: Autorin)

Abbildung 12 Segmentaler Monofrequenz-Bioimpedanzanalysator BC-418MA, Tanita (Quelle: Autorin)

Abbildung 13 Gerät zur Doppelröntgen-Absorptionsmessung Discovery A Hologic) an der Klinik für Diagnostische Radiologie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein am Campus Kiel mit schematischer Darstellung des Scanprinzips (Quelle: Autorin)

Abbildung 14 Darstellung des ganzen Körpers mittels DXA zur Berechnung der segmentalen Körperzusammensetzung. Die gelben Linien markieren die einzelnen Körpersegmente. (Quelle: anonymisiertes Beispiel eines Originalscans)

Abbildung 15 Gerät MP35 von BIOPAC Systems zur Elektromyographie mit angeschlossenem Messkabel und PC zur Darstellung und Auswertung der Daten mittels Software Biopac Student Lab 3.7.1 (Quelle: Autorin)

Abbildung 16 Anordnung der Elektroden am Unterschenkel zur Elektromyographie: 1 = superior des *Malleolus medialis*, 2 = superior des *Malleolus lateralis* und Elektrode 1; 3 = inferior der *Patella* (Quelle: Autorin)

Abbildung 17 Ausschnitt aus einem Elektromyogramm; Ausgewertet wurden jeweils 20 Sekunden im Liegen sowie 20 Sekunden im Stehen hinsichtlich maximalem Muskelspannungspotentialunterschied (1, 2), dem mittleren Muskelspannungspotentialunterschied über den ausgewählten Bereich und Integral über den ausgewählten Bereich. Es wurde jeweils der Bereich ausgewählt, in denen die Muskelspannung am gleichmäßigsten war.

Abbildung 18 Martin Vigorimeter, Gebrüder Martin GmbH & Co. KG (Quelle: Autorin)

Abbildung 19 Handgelenks-Blutdruckcomputer Vitalcontrol VC07, Hans Dinslage GmbH (Quelle: Autorin)

Abbildung 20 Berufsgruppen in denen (a) Männer (N = 52) und (b) Frauen (N = 50) tätig waren

- Abbildung 21 Mittlere prozentuale Abweichung der Muskelmasse gemessen mit sBIA verglichen mit DXA. Die Zahlen über bzw. unter den Balken geben die mittlere prozentuale Abweichung von sBIA zu DXA an. DXA = Doppelröntgen-Absorptionsmessung; sBIA = segmentale Bioimpedanzanalyse * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$
- Abbildung 22 Mittlere Abweichung der fettfreien Masse gemessen mit sBIA verglichen mit DXA. Die Zahlen über bzw. unter den Balken geben die mittlere prozentuale Abweichung von sBIA zu DXA an. DXA = Doppelröntgen-Absorptionsmessung; sBIA = segmentale Bioimpedanzanalyse * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$
- Abbildung 23 Mittlere Abweichung der absoluten Fettmasse gemessen mit sBIA verglichen mit DXA. Die Zahlen über bzw. unter den Balken geben die mittlere prozentuale Abweichung von sBIA zu DXA an. DXA = Doppelröntgen-Absorptionsmessung; sBIA = segmentale Bioimpedanzanalyse * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$
- Abbildung 24 Mittlere Abweichung der prozentualen Fettmasse gemessen mit sBIA verglichen mit DXA. Die Zahlen über bzw. unter den Balken geben die mittlere prozentuale Abweichung von sBIA zu DXA an. DXA = Doppelröntgen-Absorptionsmessung; sBIA = segmentale Bioimpedanzanalyse * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$
- Abbildung 25 Bland-Altman-Plots der Unterschiede beider Methoden (DXA minus sBIA), die gegen das Mittel beider Methoden voneinander aufgetragen sind, dargestellt für die Ermittlung der Muskelmasse und Fettmasse getrennt für Männer und Frauen. Horizontale Linien zeigen die mittlere Abweichung $\pm 1,96$ SD der Unterschiede. DXA = Doppelröntgen-Absorptionsmessung, sBIA = segmentale Bioimpedanz, SD = Standardabweichung
- Abbildung 26 Verhältnis zwischen den prozentualen Abweichungen der sBIA-Werte von den DXA-Werten für die Muskelmasse (MM) und die Fettmasse (FM). sBIA = segmentale Bioimpedanzanalyse, DXA = Doppelröntgen-Absorptionsmessung, r = Korrelationskoeffizienten nach Pearson, ● Männer, ○ Frauen
- Abbildung 27 Mittelwerte der drei Techniken zur Bestimmung der Resistanz bei den Frequenzen 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz für Körper, rechten Arm und rechtes

Bein. T1 = Technik 1 (direkte Messungen); T2 = Technik 2 (Messungen mittels Schaltgerät); T3 = Technik 3 (Messungen ohne Schaltgerät unter Nutzung der Equipotentiale); R5 = Resistanz bei 5 kHz; R50 = Resistanz bei 50 kHz; R100 = Resistanz bei 100 kHz; Körper = Ganzkörpermessung; Arm = rechter Arm; Bein = rechtes Bein.

Abbildung 28 Mittelwerte der drei Techniken zur Bestimmung der Reaktanz bei den Frequenzen 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz für Körper, rechten Arm und rechtes Bein. T1 = Technik 1 (direkte Messungen); T2 = Technik 2 (Messungen mittels Schaltgerät); T3 = Technik 3 (Messungen ohne Schaltgerät unter Nutzung der Equipotentiale); R5 = Resistanz bei 5 kHz; R50 = Resistanz bei 50 kHz; R100 = Resistanz bei 100 kHz; Körper = Ganzkörpermessung; Arm = rechter Arm; Bein = rechtes Bein.

Abbildung 29 Mittelwerte der drei Techniken zur Bestimmung des Phasenwinkels bei den Frequenzen 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz für Körper, rechten Arm und rechtes Bein. T1 = Technik 1 (direkte Messungen); T2 = Technik 2 (Messungen mittels Schaltgerät); T3 = Technik 3 (Messungen ohne Schaltgerät unter Nutzung der Equipotentiale); R5 = Resistanz bei 5 kHz; R50 = Resistanz bei 50 kHz; R100 = Resistanz bei 100 kHz; Körper = Ganzkörpermessung; Arm = rechter Arm; Bein = rechtes Bein.

Abbildung 30 Werte für Resistanz, Reaktanz und Phasenwinkel für die Verwendung von Positionen 1-5 für die Platzierung der Messelektrode im Hüftbereich für die Widerstandsmessungen des Beins. Position 1 entspricht den Angaben von Fuller und Elia (1989), Position 5 den Angaben von Chumlea et al. (1988). Positionen 2-4 liegen in gleichmäßigen Abständen zwischen Position 1 und Position 5. * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$

1 Einleitung

Der Anteil der älteren Menschen an der Gesamtbevölkerung in Europa nimmt in den letzten Jahren stetig zu. Während im Jahr 2000 etwa 23,6% der Bevölkerung in Deutschland älter als 65 Jahre alt waren, betrug dieser im Jahr 2009 bereits 25,9% (Statistisches Bundesamt 2011). Für das Jahr 2060 prognostiziert das statistische Bundesamt (2009), dass jeder dritte Bundesbürger (34%) das 65. Lebensjahr überschritten haben wird (siehe Abbildung 1). Die demographische Alterung ist zwar in erster Linie eine Folge der geringen Geburtenzahl, aber auch die absolute Anzahl der Menschen mit einem Lebensalter von über 60 Jahren hat sich innerhalb der letzten 50 Jahre deutlich erhöht (Kytir 2005). Deshalb rücken ältere Menschen mehr und mehr in den Fokus der Wissenschaft.

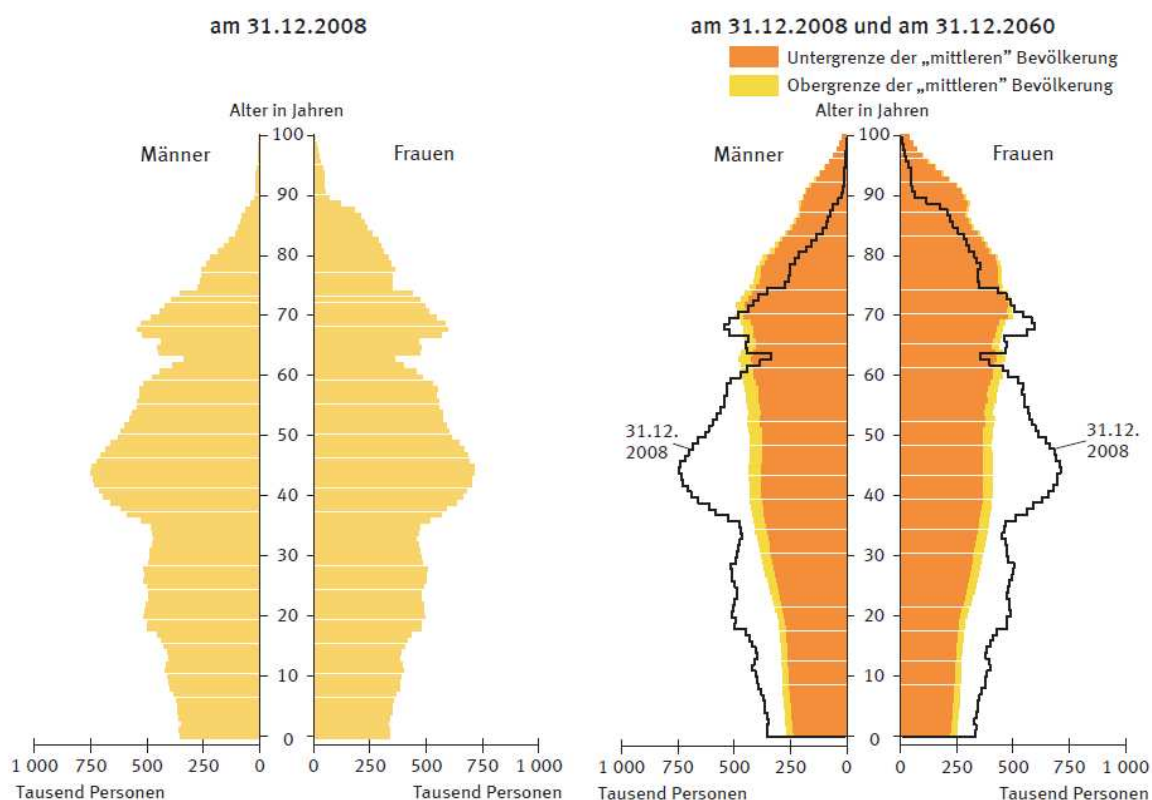


Abbildung 1 Bevölkerungsstand 2008 und Vorausberechnung der Bevölkerungsentwicklung in Deutschland für das Jahr 2060 (Statistisches Bundesamt 2009)

1.1 Altern und Körperzusammensetzung

Der menschliche Körper verändert sich mit zunehmendem Alter. Forbes und Reina (1970) zeigten in Längsschnittuntersuchungen, dass der Anteil an Magermasse im Alter abnimmt. Der Abbau von Muskelmasse und die Abnahme der Muskelkraft und -funktion im Alter, was als Sarkopenie bezeichnet wird, sind eine Begleiterscheinung des Alternsprozesses (Grimby 1995, Hortobágyi 1995) und wurden bereits gut dokumentiert (Gallagher et al. 1997, Aaron et al. 2006). Die Abnahme der Muskelmasse wird in erster Linie auf einen Rückgang der Anzahl der Muskelfasern zurückgeführt, hauptsächlich Fasern des Typs IIB (Grimby 1995, Lexell et al. 1988), die im Wesentlichen für schnelle Bewegungen ohne lange Haltedauer eingesetzt werden. Gleichzeitig nimmt der Fettanteil innerhalb der Muskeln zu (Moulias et al 1999).

Alle Aktivitäten des täglichen Lebens werden mit nachlassender Kraft beeinträchtigt (Schultz 1995). Muskelabbau wirkt sich negativ auf die Kraft aus, was zur Folge hat, dass das Halten des Gleichgewichts und damit auch das Gehen erschwert werden. Dies wiederum trägt zu einem erhöhten Sturzrisiko bei (Wolfson et al. 1995), was schließlich zu einem Rückkopplungseffekt führt. Die durch den Muskelabbau bedingte Inaktivität fördert weiteren Abbau, was in letzter Konsequenz Gebrechlichkeit zur Folge hat (Han et al. 2011). Durch die zunehmende Unfähigkeit, Dinge des täglichen Lebens bewältigen zu können, sinkt auch die Lebensqualität (Han et al. 2011).

Nicht nur die Muskelmasse, auch die Fettmasse verändert sich mit zunehmendem Alter. Kotani et al. (1994) beobachteten bei Männern und Frauen eine Abnahme der Fettmasse in Armen und Beinen jedoch eine Zunahme im Abdominalbereich.

Für die Kombination aus dem Verlust an Muskelmasse (Sarkopenie) und der Zunahme an Fettmasse (Adipositas) wurde das Krankheitsbild der sarkopenischen Adipositas eingeführt. Diese Alterserscheinung wird mit einer Reihe von Gesundheitsrisiken in Verbindung gebracht, beispielsweise Diabetes mellitus Typ 2, Erkrankungen der Herzkranzgefäße, Krebserkrankungen und Mobilitätsprobleme (Han et al. 2011).

Hinzu kommt die Problematik der Fehlernährung, der Malnutrition, die ebenfalls zu einer Verminderung der Lebensqualität beitragen kann. Bei Malnutrition besteht ein Ungleichgewicht zwischen Nahrungszufuhr und Nahrungsbedarf. Dies schließt sowohl Über- als auch Untergewicht mit ein, wobei mit zunehmendem Alter das Untergewicht aufgrund von falscher Ernährung häufiger ist (Zeyfang 2008).

Mit steigendem Alter geht oft auch eine Erhöhung der Anzahl von Krankheiten und Beschwerden einher (Tesch-Römer und Wurm 2009). Diese stehen nicht allein unmittelbar mit den physiologischen Veränderungen im Alter in Zusammenhang, sondern auch mit dem persönlichen Lebensstil und der langen Latenz von bestimmten Krankheiten (z.B. Krebserkrankungen). Zu der objektiv messbaren Gesundheit als Abwesenheit von Krankheit kommt die subjektive Gesundheit hinzu. Hierbei spielt die Selbsteinschätzung eines Menschen über seinen Gesundheitszustand eine wesentliche Rolle. Objektive und subjektive Gesundheit müssen dabei nicht übereinstimmen (Tesch-Römer und Wurm 2009).

Um einer dauerhaften Schädigung der Körperfunktionen und damit einer Minderung der Lebensqualität speziell im fortgeschrittenen Alter vorzubeugen, sind geeignete Methoden notwendig, um den Gesundheitszustand und Veränderungen im Körper unkompliziert regelmäßig kontrollieren zu können.

1.2 Methoden zur Erfassung der Körperzusammensetzung

Zur Betrachtung der Körperzusammensetzung sind heute unterschiedliche Modelle bekannt. Je nachdem, welche Messmethode angewendet wird, lassen sich ein, zwei, drei oder mehr Kompartimente, d.h. strukturell gleiche Bestandteile des Körpers, unterscheiden (Müller et al. 2007). Beim 2-Kompartimentmodell wird zwischen Fettmasse und fettfreier Masse unterschieden. Das 3-Kompartimentmodell berücksichtigt zusätzlich das Körperwasser, das in der fettfreien Masse gebunden ist (Bosy-Westphal et al. 2005).

Der bei der Welt-Gesundheits-Organisation (WHO) gebräuchliche Body Mass Index (BMI) gilt als einfach zu ermittelnder Faktor zur Kontrolle des Körpergewichts. Dieser wird als Verhältnis von Körpergewicht zu quadrierter Körperhöhe ausgedrückt (kg/m^2). Allerdings nimmt die Aussagekraft des BMI gerade bei älteren Menschen deutlich ab. Bei einer Gewichtsabnahme aufgrund der Abnahme der fettfreien Masse bzw. der Muskelmasse würde sich der BMI zwar verringern, nichts jedoch über den relativen Anteil des Körperfettes aussagen (Han et al. 2011). Bei einer Verringerung der Körperhöhe würde sich bei gleich bleibendem Gewicht der BMI erhöhen. Veränderungen in der Muskel- oder Fettmasse würden somit durch das geänderte Verhältnis von Körperhöhe zu Körpergewicht nicht korrekt erfasst.

Als ein Maß zur Bestimmung von Adipositas hat sich bei Erwachsenen der Taillenumfang bewährt. Dieser korreliert stark sowohl mit der gesamten Fettmasse als auch mit der abdominalen Fettmasse (Han et al. 2011). Zur schnellen und einfachen Beurteilung ist dieses Maß

zwar praktisch, macht jedoch keine Aussage über die vorhandene Muskelmasse und subkutane Fettmasse.

Eine weitere Methode zur Erfassung der Fettmasse ist die Anthropometrie. Über Hautfalten-Dickemessungen mit den passenden Algorithmen werden Schätzungen des Fettanteils vorgenommen. Diese erfassen jedoch nur den subkutanen Fettanteil und sind für ältere Menschen nicht aussagekräftig, da die gesamte Fettmasse mit dem Alter zunimmt, der Anteil des subkutanen Fetts jedoch abnimmt. Zudem hängen sie stark von den jeweiligen Fähigkeiten des Untersuchers ab (Müller et al. 2007).

Für Messungen der einzelnen Körperkompartimente über den gesamten Körper sind verschiedene Verfahren etabliert. Zur Bestimmung der Fettmasse werden neben der Anthropometrie das Unterwasserwiegen (Akers und Buskirk 1969, Nuñez et al. 1997) oder die Air-Displacement Plethysmographie (Dempster und Aitkens 1995, Bosy-Westphal et al. 2003) eingesetzt. Als Maß für die Muskelmasse kann der Zerfall des radioaktiven Kaliumisotops ^{40}K gemessen werden (Dittmar und Reber 2001, Sousa et al. 2003) oder die Menge des ausgeschiedenen Kreatinins (Forbes und Bruining 1976, Pirlich et al. 2000). Das Gesamtkörperwasser wird oft mittels Isotopendilution (Deuterium oder Tritium) bestimmt (Schoeller et al 1980, Gudivaka et al. 1999). Alle diese aufwändigen Methoden werden ausschließlich zu wissenschaftlichen Zwecken und nicht im Rahmen regelmäßiger Kontrollen des Gesundheitszustandes oder therapeutischer Behandlungen eingesetzt (Müller et al. 2007).

Relativ genaue Werte liefern weiterhin bildgebende Verfahren wie die Magnetresonanztomographie (MRT), Computertomographie (CT) und Doppelröntgen-Absorptionsmessung (DXA). Nachteile dieser Methoden sind jedoch, dass sie aufwändig und teilweise mit einer Belastung des Körpers durch Röntgenstrahlung verbunden sind. Deshalb sind sie für Routineuntersuchungen nicht geeignet.

1.3 Bioimpedanzanalyse (BIA)

Eine nicht-invasive Möglichkeit zur Erfassung von Muskelmasse, Fettmasse und Körperwasser ist die Bioimpedanzanalyse. Sie stellt eine kostengünstige und einfach durchzuführende Methode dar. Da die Geräte einfach zu bedienen und zumeist transportabel sind, eignet sich die Bioimpedanzanalyse prinzipiell sowohl für den Einsatz im klinischen Rahmen als auch für die Feldforschung.

1.3.1 Allgemeine Grundlagen

Das Grundprinzip der Bioimpedanzanalyse besteht darin, den Widerstand, genauer die Impedanz des Körpers gegen einen geringen Wechselstrom bekannter Stromstärke ($\sim 800 \mu\text{A}$) zu messen. Dabei wird der menschliche Körper modellhaft als Zylinder bzw. zusammengesetzt aus mehreren Zylindern betrachtet (Abbildung 2), auf den die physikalischen und elektrotechnischen Gesetzmäßigkeiten eines Wechselstromkreises angewendet werden.

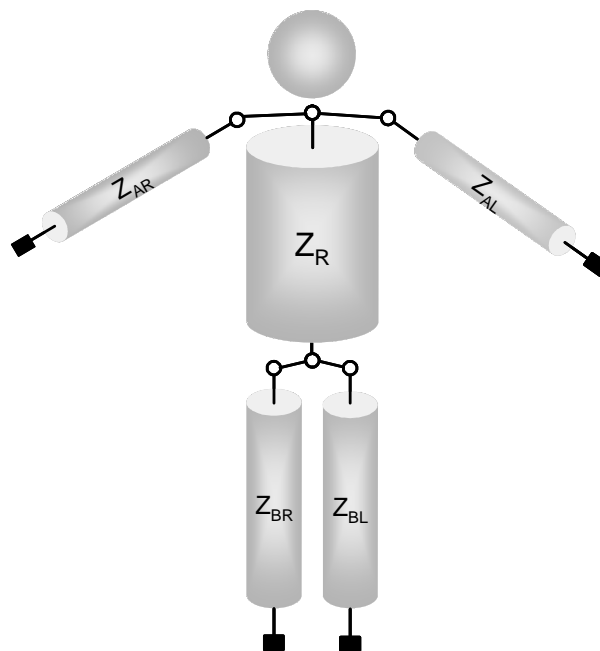


Abbildung 2 Zylindermodell des menschlichen Körpers.

Z_{AR} = Impedanz Arm rechts; Z_{AL} = Impedanz Arm links; Z_{BR} = Impedanz Bein rechts; Z_{BL} = Impedanz Bein links; Z_R = Impedanz Rumpf (Quelle: Autorin)

Die Impedanz (Z) setzt sich aus zwei Komponenten zusammen: der Resistanz (R) und der Reaktanz (X_c). Die Resistanz beschreibt den rein ohmschen Widerstand des Gewebes gegen einen elektrischen Strom. Sie lässt sich über die Gleichung $R = \rho \times L / A$ beschreiben, wobei ρ der spezifische elektrische Widerstand des Leiters in Ohm-Metern (Ωm) ist, L ist die Länge des Leiters in Metern (m), und A die Querschnittsfläche des Leiters in Quadratmetern (m^2).

Die Reaktanz, auch Blindwiderstand genannt, ist der Widerstand von Kapazitäten (Kondensatoren) und Induktivitäten (Spulen) gegenüber einem Wechselstrom. Die im vorliegenden Kontext maßgeblichen Kondensatoren werden in biologischen Geweben hauptsächlich von Zell-

membranen gebildet (National Institute of Health 1996) und werden als Plattenkondensatoren modelliert.

Die Reaktanz ergibt sich durch die Gleichung $X_c = -1 / (2 \times \pi \times f \times C) = -1 / (\omega \times C)$ (1)

Hierbei ist f die Frequenz des Wechselstroms gemessen in Hertz (Hz), C die Kapazität des gemessenen Gewebes in Farad (F), und ω ist die Kreisfrequenz $2 \times \pi \times f$ (Foster und Lukaski 1996).

Die Kapazität wiederum lässt sich ausdrücken als $C = (\epsilon_0 \times \epsilon \times A) / d$ (2)

Hierbei ist ϵ_0 die dielektrische Permittivität des Vakuums ($8,854187817 \times 10^{-12}$ F/m), ϵ die dielektrische Permittivität in Relation zum Vakuum (dimensionslos), A die Überschneidungsfläche der beiden Kondensatorplatten in m^2 und d die Distanz zwischen den Kondensatorplatten in m, welche der Länge des Leiters entspricht (Pethig 1979). Substituiert man in Gleichung (1) C durch Gleichung (2), wird auch für X_c die Abhängigkeit von der Leiterlänge deutlich: $X_c = -L / (\omega \times \epsilon_0 \times \epsilon \times A)$.

Somit ist die Impedanz, bestehend aus Resistanz und Reaktanz, also frequenzabhängig (Baumgartner et al. 1988). Bei allen Frequenzen, die für die Bioimpedanz relevant sind, hat die Resistanz den größten Anteil an der Impedanz. Der Anteil der Reaktanz ist im Verhältnis deutlich kleiner (Foster und Lukaski 1996).

Das Verhältnis von R zu X_c wird geometrisch über den Phasenwinkel (ϕ) ausgedrückt (Baumgartner et al. 1988). Er entsteht dadurch, dass bei einem Kondensator bei Anlegen eines Wechselstroms der Strom der Spannung vorausseilt, auf der Zeitachse gesehen also die Amplitude des Stroms gegenüber der Amplitude der Spannung um den Phasenwinkel ϕ verschoben ist. Geometrisch lässt sich der Phasenwinkel errechnen aus $\phi = \arctan(X_c / R) \times (180 / \pi)$. Somit ist der Phasenwinkel direkt proportional zur Reaktanz und antiproportional zur Resistanz (Baumgartner et al. 1988).

Die Bestimmung der Impedanz erfolgt technisch über die Messung des Stromes bzw. der Spannung an der jeweiligen Messstrecke und wird mittels Ohm'schen Gesetzes über $Z = U/I$ berechnet (National Institute of Health 1996, Tipler 1994). Eine phasensensitive Elektronik erlaubt die Messung des Phasenwinkels (Foster und Lukaski 1996), mit dem Resistanz über $R = Z \times \cos \phi$ und Reaktanz über $X_c = Z \times \sin \phi$ errechnet werden können (Kories und Schmidt-Walter 2008). Da in den verwendeten Messgeräten die entsprechenden Wider-

standswerte direkt ausgegeben werden, werden diese Werte in der vorliegenden Arbeit als gemessene Werte behandelt.

Die Messung von Körperwiderständen nahm ihren Anfang mit der Arbeit von Nyboer et al. (1950). Zunächst beschränkte sich der Einsatz der elektrischen Widerstandsmessungen auf die Erfassung von Körperflüssigkeiten. Nyboer et al. (1950) untersuchten mittels elektrischer Impedanzplethysmographie den Blutfluss innerhalb eines definierten Körpersegmentes. Etwa zehn Jahre später nutzte Thomasset (1962, 1963) die Bioimpedanz zur Untersuchung der Körperflüssigkeit und deren Ionengehalt. Darauf aufbauend definierten Hoffer et al. (1969) den Zusammenhang zwischen der Ganzkörperimpedanz und dem Ganzkörperwasser. Für die Berechnung des Körperwassers wird die oben genannte Gleichung ($R = \rho \times L$) mit L/L multipliziert, wodurch sich $R = \rho \times L^2 / (A \times L)$ ergibt. Umgestellt kann das Volumen (V) über $V = \rho \times L^2 / R$ berechnet werden (Hoffer et al. 1969).

Basierend auf den vorangehenden Erkenntnissen führten Lukaski et al. (1985) die Methode der Bioimpedanzmessung zur Erfassung der fettfreien Masse ein. Grundlage hierfür waren die Annahmen, dass mittels Bioimpedanz das Ganzkörperwasser erfasst wird und dass sich dieses hauptsächlich innerhalb der fettfreien Masse findet. Die Leitfähigkeit der fettfreien Masse ist deutlich größer als die der Fettmasse (Pethig 1979). Somit sind über das Körperwasser Rückschlüsse auf die fettfreie Masse möglich. Über die fettfreie Masse und das Körpergewicht lässt sich letztendlich der Anteil der Fettmasse bestimmen (Guo et al. 1987).

Mit Hilfe von Regressionsgleichungen, die auf einem Vergleich mit einer Referenzmethode basieren, lässt sich über das Verhältnis von quadrierter Körperhöhe zu Impedanz oder Resistanz die Muskelmasse errechnen (Janssen et al. 2000). Die Körperhöhe definiert hier die Länge des elektrischen Leiters. Da jedoch die Gleichungen immer an einem spezifischen Probandenkollektiv entwickelt wurden, lassen sie sich auch nur bei Menschen anwenden, die dieser speziellen Population entsprechen (National Institute of Health 1996).

Bei vielen Messsystemen, die darauf basieren, dass sich der Proband in einer liegenden Position befindet, werden zur Kontaktierung mit den Messgerätanschlüssen Klebeelektroden verwendet (Deurenberg 1994). Diese ähneln Elektroden, wie sie typischerweise für Elektrokardiogramme (EKG) verwendet werden, wobei die Kontaktfläche wie bei diesen aus Silberchlorid besteht und mit einer den elektrischen Strom leitenden Gelschicht versehen ist. Andere Messsysteme, bei denen die Probanden in stehender Position gemessen werden, verwenden taktile Elektroden in Form von Handgriffen und Fußplatten. Nuñez et al. (1997) sowie Tan et

al. (1997) zeigten, dass taktile Elektroden verglichen mit Klebeelektroden ebenso valide Resultate liefern.

Für die Messungen der elektrischen Widerstände hat sich die Messung mit jeweils zwei Elektroden an einer Messstelle etabliert, einer Speise- und einer Messelektrode. Dies soll Effekte des elektrischen Feldes in der Nähe der Speiseelektrode vermeiden und den Einfluss des Hautwiderstands minimieren (Foster und Lukaski 1996). Außerdem wird die Anfälligkeit der Messung gegenüber Temperatur und Hydratation der Haut, beispielsweise beim Schwitzen oder Frieren minimiert (Cornish et al. 1998). Bei Ganzkörpermessungen spricht man aufgrund dieser Elektrodenanordnung von einer tetrapolaren Messung, weil jeweils zwei Elektroden an Hand- und Fußrücken einer Körperseite angebracht werden. Dieses Schema ist auch bei Systemen umgesetzt, bei denen keine Klebeelektroden sondern taktile Elektroden zum Einsatz kommen. Bei segmentalen Messungen, bei denen die doppelte Anzahl an Elektroden verwendet wird (jeweils zwei Elektroden auf Hand- und Fußrücken auf rechter und linker Körperseite), spricht man entsprechend von einer oktopolaren Messung.

1.3.2 Segmentale Bioimpedanzanalyse

Die Messung der Impedanz einzelner Körperteile geht mit der Entwicklung der Ganzkörpermessung parallel. Bereits in der Pilotstudie von Nyboer et al. (1950) wurden die Untersuchungen an nur einem Körperabschnitt durchgeführt, einem 20 cm langen Abschnitt des Unterarmes. Aus Tierversuchen, beispielsweise an Hunden, gewann man Informationen über spezifische Widerstände einzelner Organe (z.B. Schwan und Kay 1957, Rush et al 1963). Die ersten gezielten Widerstandsmessungen einzelner Körperabschnitte erfolgten durch Rush et al. (1963) und Burger und Milaan (1943), allerdings noch an sehr kleinen Probandenkollektiven. Eine Zusammenfassung über Widerstandswerte einzelner Organe und Körperabschnitte bei Mensch und Tier zum damaligen Stand der Forschung trugen Geddes und Baker (1967) zusammen.

Erst Ende der 1980er Jahre begann die systematische Entwicklung von Geräten und Messanordnungen zur gezielten Untersuchung einzelner Körpersegmente mittels Bioimpedanzanalyse (Chumlea et al. 1988, Baumgartner et al. 1988, Patterson 1989, Fuller and Elia 1989). Zunächst diente die Messung einzelner Körpersegmente dazu, bessere Rückschlüsse auf die Zusammensetzung des gesamten Körpers zu gewinnen. Die segmentalen Widerstände für Arme, Beine und Rumpf sollten zu einer genaueren Abschätzung der gesamten fettfreien Masse

(FFM) beitragen (Chumlea et al. 1988). Die Messung des Phasenwinkels des Rumpfes wiederum sollte genauere Rückschlüsse auf die Fettmasse liefern (Baumgartner et al. 1988).

Die Untersuchung einzelner Körperabschnitte zur Verbesserung der Genauigkeit der mathematischen Modelle war im Laufe der Zeit immer wieder Gegenstand von Untersuchungen. Brown et al. (1988) untersuchten den Arm mittels Bioimpedanzanalyse, um im Vergleich mit Anthropometrie und CT ein Modell zur Erfassung der Muskel- und Fettmasse zu entwickeln. Bei dieser frühen Untersuchung stellten die Autoren bereits fest, dass Bioimpedanzanalyse für die betrachteten Kompartimente eine höhere Genauigkeit liefert als Anthropometrie. CT diente hier als Referenzmethode.

Die Idee, Körperwiderstände nicht mehr über den ganzen Körper, sondern abschnittsweise zu messen, wurde vermehrt für Untersuchungen zum Hydrationsstatus besonders im Bezug zu Nierenerkrankungen und Dialyse aufgegriffen (Woodrow et al. 1996, Zhu et al. 1998, Zhu et al. 1999).

Die Definition der einzelnen Körperabschnitte (Arme, Beine, Rumpf) über die Positionierung der Elektroden ist allerdings bis heute nicht standardisiert. Für die Messungen des Armes sind die Elektrodenpositionen weitestgehend konsistent (z.B. Chumlea et al. 1988, Fuller und Elia 1989, Bracco et al. 1996). Hier hat sich die Positionierung der Messelektroden an Handgelenk und Akromion, der Schulter, durchgesetzt. Für die Messung der Beinwiderstände existieren hingegen zwei verschiedene Punkte zur Platzierung der Messelektroden, die häufig verwendet werden. So schlagen Chumlea et al. (1988) eine Platzierung der Elektrode im Hüftbereich in Höhe der Glutealfalte vor. Fuller und Elia (1989) hingegen platzieren die Hüftelektrode anterior der *Crista iliaca*, dem Hüftkamm. Bei einem Unterschied von 15-20 cm in der Leiterlänge sind Unterschiede in den gemessenen Widerstandswerten zu erwarten. Eine Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Studien ist somit nicht gegeben.

Ein Vergleich mit DXA zeigte (Bracco et al. 1996), dass segmentale Bioimpedanzmessungen gute Ergebnisse für die Körperzusammensetzung liefern können. Allerdings wird bereits von Bracco et al. (1996) darauf hingewiesen, dass eine Standardisierung des Messverfahrens nötig ist.

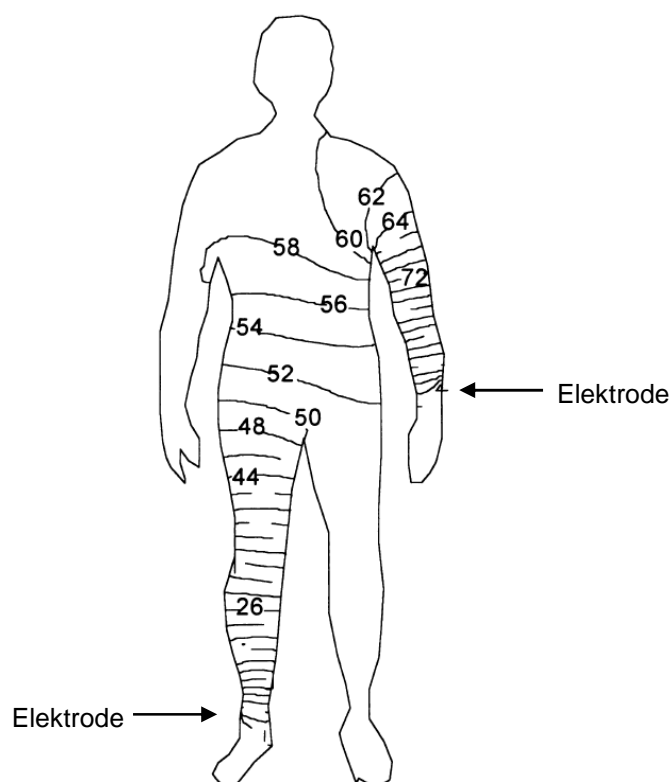


Abbildung 3 Verteilung der Impedanz im menschlichen Körper bei einer kontralateralen Elektrodenplatzierung zur Stromeinspeisung an Handgelenk und Knöchel. Jede Linie (Äquipotentiallinie) markiert 2% der Gesamtkörperimpedanz und liegt auf dem gleichen elektrischen Potential (nach Foster und Lukaski 1996).

Während die Impedanzmessung einzelner Körpersegmente anfangs darauf aufbaute, die zu untersuchenden Körperabschnitte zumindest durch die Messelektroden zu definieren, führten Organ et al. (1994) ein neues Konzept der Messung ein. Sie wiesen nach, dass Messpunkte an den Hand- und Fußgelenken zur Erfassung der Impedanzen der Körpersegmente ausreichen. Mit der von Organ et al. (1994) vorgeschlagenen Anordnung der Elektroden sollte das Problem umgangen werden, dass Messpunkte, die zusätzlich zu den standardisierten Punkten an den Hand- und Fußgelenken im Hüft- und Schulterbereich verwendet wurden, teilweise schwer aufzufinden und vor allem zu reproduzieren waren.

Cornish et al. (1999) führten aufbauend auf den Untersuchungen von Organ et al. (1994) das Konzept der Equipotentiale zur segmentalen Messung ein. Dies besagt, dass an Messpunkten, die auf dem gleichen elektrischen Potential liegen, die gleichen elektrischen Widerstände ge-

messen werden können (Abbildung 3). Dieses Konzept trifft auf die Messpunkte zu, die bei einer ipsilateralen Stromeinspeisung auf contralateralen Stellen liegen. So lässt sich der Widerstand des rechten Armes dadurch messen, dass Strom an den etablierten Stellen auf Hand- und Fußrücken eingespeist, die Widerstände jedoch zwischen rechtem und linkem Handgelenk gemessen werden. Die Messelektrode am linken Handgelenk liegt auf dem gleichen elektrischen Potential wie eine Messelektrode auf der rechten Schulter.

Die Anwendung der sBIA über Equipotentiale zur Erfassung der segmentalen Körperzusammensetzung ist bereits bei verschiedenen Geräten und Techniken gut etabliert (Bracco et al. 1996; Cha et al. 1997; Demura et al. 2005). Zur Validierung der verschiedenen Geräte wurde Doppelröntgen-Absorptionsmessung verwendet (Bracco et al. 1996; Cha et al. 1997; Demura et al. 2005; Kriemler et al. 2009; Sato et al. 2007). Die Messungen über Äquipotentiale wurden sowohl bei Geräten für die liegende Position validiert (Pietrobelli et al. 1998; Tagliabue et al. 2001) als auch bei Geräten, die für die stehende Position ausgelegt sind (Cha et al. 1997; Demura et al. 2005; Kriemler et al. 2009; Pietrobelli et al. 2004).

Knapp zehn Jahre nach der Einführung des Konzepts der Äquipotentiale durch Organ et al. (1994) waren die ersten kommerziellen segmentalen Bioimpedanz-Analysegeräte für die Messung der segmentalen Muskelmasse und Fettmasse verfügbar (Malavolti et al. 2003, Pietrobelli et al. 2004, Demura et al. 2004).

Für die Anwendung im kommerziellen Bereich hat sich das Konzept der Äquipotentiale durchgesetzt, da es praktisch und einfach in der Anwendung ist. Die bekannten Geräte haben zudem eine integrierte Personenwaage, die den Messvorgang somit weiter vereinfacht. Segmentale Messungen über zusätzliche Elektroden werden allerdings weiterhin vereinzelt im klinischen Rahmen eingesetzt (z.B. Pirlich et al. 2003, Zhu et al. 2003).

1.3.3 Fehlerquellen und Einflussfaktoren auf die Bioimpedanzanalyse

Für genaue und reproduzierbare Ergebnisse der Bioimpedanzanalyse sind die Einhaltung verschiedener standardisierter Bedingungen erforderlich (Deurenberg 1994). In erster Linie ist die Verteilung des Körperwassers mit den darin gelösten Ionen, welches für die Bestimmung der Körperwiderstände maßgeblich ist, eine wichtige Einflussgröße. Um eine möglichst einheitliche Hydrierung des Körpers zum Zeitpunkt der Messung zu erreichen, wird deshalb empfohlen, die Messungen im nüchternen Zustand durchzuführen. Hier werden zwischen dem Zeitpunkt der letzten Nahrungs- und Flüssigkeitsaufnahme und der Messung mindestens zwei

Stunden (Deurenberg 1994), besser aber acht Stunden (Kyle et al. 2004) angesetzt. In der praktischen Umsetzung bedeutet dies, dass die Messung morgens vor dem Frühstück durchgeführt wird.

Verschiebungen des Körperwassers innerhalb des Körpers bei einer Veränderung der Körperposition bzw. bei längerer Liegedauer können ebenfalls einen Einfluss auf die Messwerte haben. So wurde bereits in verschiedenen Studien gezeigt (z.B. Roos et al. 1992, Gudivaka et al. 1994, Rush et al. 2006), dass die Werte für die Impedanz bzw. die Resistanz für den ganzen Körper im Liegen höher sind als im Stehen und bei längerer Liegezeit ansteigen. Innerhalb der ersten 10 Minuten ist der Anstieg der Impedanz am größten (National Institute of Health 1996). Eine Plateauphase konnten Gudivaka et al. (1994) jedoch selbst nach vier Stunden Liegezeit nicht feststellen. Roos et al. (1992) sowie Rush et al. (2006) beobachteten, dass nach anschließendem fünfminütigem Stehen die Widerstandswerte wieder in etwa auf den Ausgangswert sinken.

Ein weiterer wichtiger Einflussfaktor ist die Platzierung der Elektroden. Deren genaue und reproduzierbare Platzierung ist für eine exakte Messung der Widerstände ausschlaggebend, da eine Veränderung um nur 1 cm bereits zu einer Veränderung der Messwerte für den ganzen Körper um 2 % führen kann (National Institute of Health 1996). Die Veränderung der Impedanz von 2%-Schritten ist in Abbildung 3 dargestellt. Foster und Lukaski (1996) errechneten hierzu auf Grundlage eines zweidimensionalen Modells unter der Annahme, dass es sich beim menschlichen Körper um einen Körper mit gleichförmigem Widerstand handelt, an welchen Stellen sich das elektrische Potential um 2% ändert. Es kommt hinzu, dass der Körperwiderstand hauptsächlich über die Widerstände der Arm- und Beinmuskulatur bestimmt wird (Baumgartner et al. 1989). Obwohl der Arm nur 4 % des Körpergewichts ausmacht, trägt er zu 45% des Ganzkörperwiderstandes bei. Der Rumpf hingegen macht 45% des Körpergewichts aus, allerdings nur 10% des Gesamtkörperwiderstandes (National Institute of Health 1996). Eine Veränderung der Elektrodenplatzierung in diesen Bereichen, wo in den überwiegenden Fällen Elektroden platziert werden und die für den dorsalen Bereich der Handgelenke und Fußknöchel standardisiert sind (National Institute of Health 1996) führt somit zu den größten Abweichungen.

Im Zusammenhang mit der Elektrodenplatzierung steht nicht nur die standardisierte Platzierung der Messelektroden, sondern auch der Abstand zwischen Mess- und Speiseelektrode. Durch einen möglichst großen Abstand zwischen Mess- und Speiseelektrode werden die Pola-

risation der Elektroden und die durch die Impedanz der Haut um die Speiseelektrode ausgelösten Effekte vermieden (Foster und Lukaski 1996). Aus diesem Grund sind üblicherweise Geräte zur Bioimpedanzanalyse für eine tetrapolare Messung und nicht zur bipolaren Messung ausgelegt. Außerdem sollte die Platzierung der Speiseelektrode während des Messvorganges nicht verändert werden, wie es beispielsweise bei direkten segmentalen Messungen praktiziert wird. Auch hier wird das elektrische Feld bei jeder neuen Elektrodenkonfiguration verändert, und es kommt somit ebenfalls zu Messfehlern (Organ et al. 1994).

Die Körper- und Umgebungstemperatur kann ebenfalls die Messwerte beeinflussen. Caton et al. (1988) sowie Gudivaka et al. (1996) zeigten, dass ein Anstieg der Hauttemperatur zu niedrigeren Impedanzwerten führt (sowie umgekehrt) und sich dementsprechend die berechneten Körperkompartimente verändern. Dieser Effekt ist von mehreren Faktoren der Haut abhängig. Die Haut stellt den größten kapazitiven Widerstand des Körpers dar und somit wirken sich alle Faktoren, die den Widerstand der Haut beeinflussen, auch auf den Widerstand des ganzen Körpers aus. Dies betrifft beispielsweise die Blutgefäße, die Schweißdrüsen oder die Wasserverteilung der Haut (Gudivaka et al. 1996).

1.3.4 Anwendungsbereiche der segmentalen Bioimpedanzanalyse

Im Bereich der Altersforschung steht die altersbedingte Abnahme der Skelettmuskulatur im Fokus verschiedener Studien (Aaron et al. 2006; Gallagher et al. 1997; Haapala et al. 2002; Hansen et al. 1999; Rance et al. 2006). Segmentale Messungen in den Armen und Beinen ermöglichen sowohl die Erfassung des Ist-Zustandes als auch die Kontrolle von Veränderungen im Zusammenhang mit dem Altern, von Training oder Krankheit. Weiterhin steht die Muskelmasse auch in einem direkten Verhältnis zur Muskelkraft (Reed et al. 1991). Da die Muskelkraft ein wichtiger Faktor für Unabhängigkeit und Lebensqualität ist (Drewnowski and Evans 2001), können über regelmäßige Kontrollen frühzeitig Maßnahmen ergriffen werden, die dazu beitragen, Lebensqualität und Unabhängigkeit lange zu erhalten.

Es ist weithin bekannt, dass Übergewichtigkeit eines der Gesundheitsprobleme unserer heutigen Gesellschaft ist. Um diese kontrollieren zu können, liefert die segmentale Bioimpedanzanalyse potentiell genauere Werte als die Ganzkörper-Bioimpedanzmessung (Yamada et al. 2009). Das abdominale Fett ist ein bedeutender Risikofaktor für Krankheiten wie Diabetes mellitus und das metabolische Syndrom (Després and Lemieux 2006; Graham et al. 1995). Segmentale Bioimpedanzanalyse ist hier in der Anwendung z.B. zur Bestimmung der Fett-

masse im Rumpf ein viel versprechender Ansatz. Allerdings gibt es noch systematische Fehler in der Schätzung der Körperkompartimente (Sato et al 2007).

Einen hohen Stellenwert nimmt die segmentale Bioimpedanzanalyse im Zusammenhang mit Dialyse ein (Zhu et al. 2006, Tattersall 2009, Fürstenberg und Davenport 2011). Während der Dialyse können Überwässerungen auftreten, die sich später als Ödeme bemerkbar machen. Mit einer adäquaten Methode, den Hydrationsstatus zu überwachen, kann dieses Problem vermindert werden (Zhu et al. 2006).

Hinzu kommt, dass bei Dialysepatienten die Erfassung der Körperzusammensetzung ebenfalls wichtig ist, da sie auch von Malnutrition und daraus resultierendem Proteinmangel betroffen sein können. Dies ist ein Indikator für Morbidität und Mortalität (Locatelli et al 2002). Bei Dialysepatienten besteht zudem das Problem, dass der Wasserhaushalt gegenüber gesunden Menschen verändert ist und deshalb existierende Gleichungen zur Berechnung der Körperzusammensetzung nicht angewendet werden können (Woodrow et al. 1996). Spezielle Gleichungen sind für diese Gruppe erforderlich. Mit segmentaler BIA kann hier eine größere Genauigkeit erreicht werden, da die spezifische Wasserverteilung berücksichtigt wird. Die segmentale Mehrfrequenz-Bioimpedanzanalyse stellt eine viel versprechenden Methode zur Erfassung der Körperzusammensetzung bei Dialysepatienten dar (Fürstenberg und Davenport 2011).

Weitere Anwendungsgebiete für segmentale Bioimpedanzanalyse finden sich im Bereich der humanbiologischen Forschung sowie im Bereich der Sport- und Ernährungswissenschaften.

1.4 Zielsetzungen

Ein häufig genutztes Gerät zur segmentalen Bioimpedanzanalyse (BC-418 MA, Tanita, Tokio, Japan) basiert auf dem Konzept der Equipotentiale und arbeitet mit kontaktilen Elektroden. Bisher wurde die Genauigkeit dieses Modells außerhalb Asiens an US-Amerikanern untersucht (Pietrobelli et al 2004). Die Autoren fanden eine gute Übereinstimmung, allerdings wurden hier die Geschlechter nicht unterschieden, das Alter wurde nicht berücksichtigt und es wurde auch keine Unterscheidung zwischen normal- und übergewichtigen Personen vorgenommen. Ein ähnliches Modell des gleichen Herstellers (BC-118) ist speziell für den japanischen Markt entwickelt und wurde an adipösen Japanern auf Genauigkeit im Vergleich zu DXA untersucht (Demura et al. 2005, Sato et al. 2007). Nach Kenntnis der Autorin ist keine Studie bekannt, die die Genauigkeit des BC-418 MA von Tanita für die Schätzung der segmentalen Muskel- und Fettmasse bei älteren Europäern untersucht. Ein Ziel der Arbeit ist deshalb, die Genauigkeit des kommerziellen Bioimpedanzanalysators BC-418 MA (Tanita) hinsichtlich Muskel- und Fettmasse für europäische Menschen ab einem Lebensalter von 60 Jahren zu untersuchen, um damit die Anwendbarkeit für diese Altersklasse zu verifizieren.

Weiterhin wurden bisher zwar verschiedene Techniken (direkte Messungen über zusätzliche Elektroden, Messungen über Äquipotentiale mittels eines Schaltgerätes oder manuellem Ändern der Messkabel) zur segmentalen Bioimpedanzanalyse einzeln untersucht. Allerdings wurden bisher in keiner Studie alle drei Messtechniken hinsichtlich Resistanz, Reaktanz und Phasenwinkel bei drei verschiedenen Frequenzen (5 kHz, 50 kHz, 10 kHz) bei älteren Menschen miteinander verglichen. Daraus entwickelt sich die zu untersuchende Fragestellung, ob diese drei Techniken austauschbar sind und ob eine Empfehlung für Messungen über Äquipotentiale mittels eines zusätzlichen Schaltgerätes zu Nutriguard-M (Data Input) daraus abgeleitet werden kann.

Es gibt in der Literatur für die Messung des Beines zwei verschiedene Definitionen (Fuller und Elia 1989, Chumlea et al. 1988) für die Position der Messelektrode an der Hüfte (*Crista iliaca*, Glutealfalte). Allerdings fehlt eine Untersuchung, die beide Positionen miteinander vergleicht und den Einfluss prüft. Deshalb ist es ein weiteres Ziel dieser Studie, sowohl den Einfluss, den unterschiedliche Positionierungen der Messelektrode auf die direkten Messwerte der Bioimpedanzanalyse haben zu untersuchen, als auch eine mögliche Empfehlung für eine Standardisierung zu finden.

Der Einfluss von Körperposition und Liegezeit auf direkte Messwerte der Bioimpedanzanalyse wurde bereits in verschiedenen Studien bei jüngeren Menschen und ausschließlich hinsichtlich R oder Z untersucht. Es fehlen jedoch Untersuchungen zur Veränderung der segmentalen direkten Messwerte X_c und ϕ bei älteren Menschen hinsichtlich der Körperposition und der Liegedauer. Mit dieser Arbeit sollen diese Veränderungen durch die Variation der Position (stehend, liegend) und multiple Messzeitpunkte über einen längeren Messzeitraum (30 Minuten) untersucht werden.

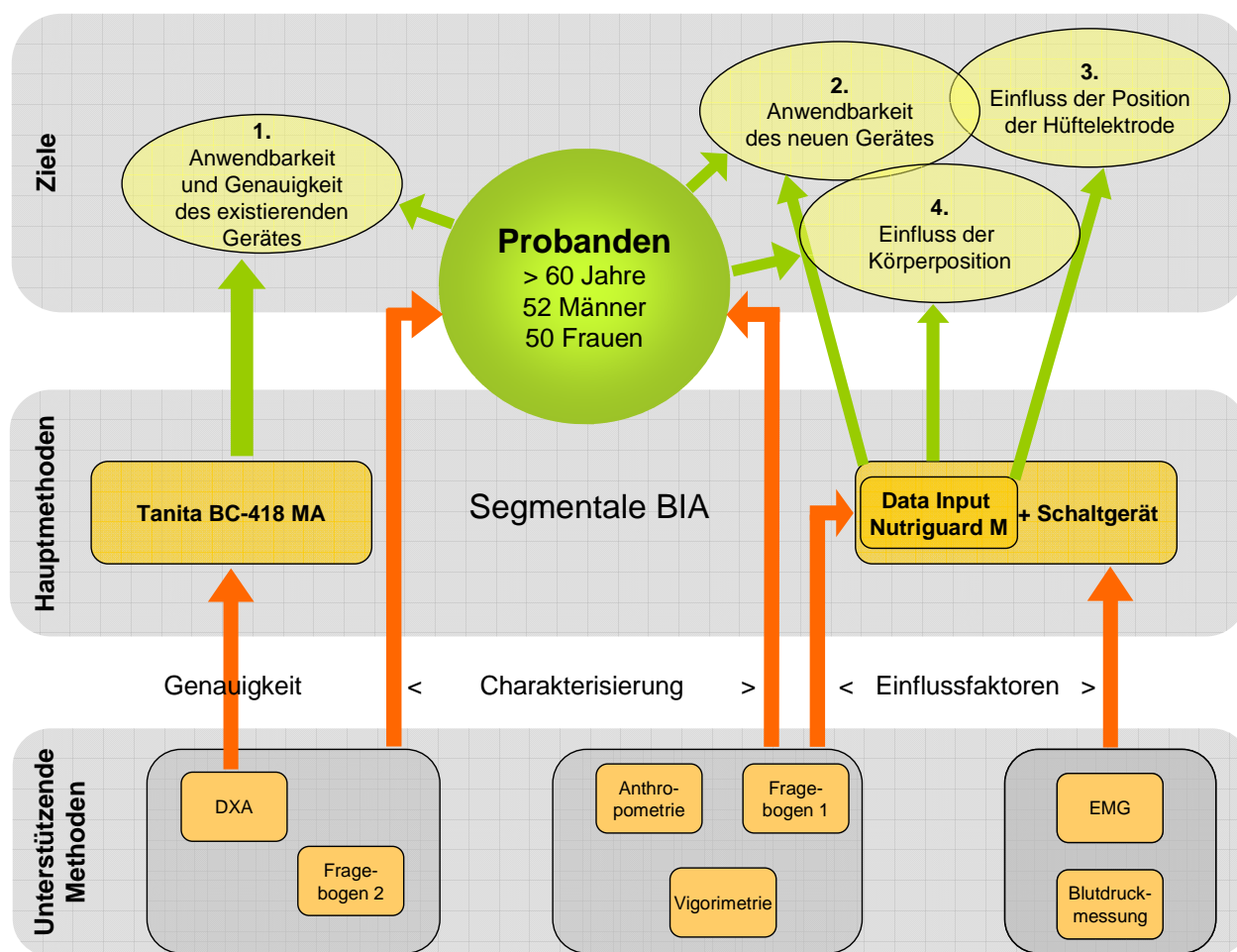


Abbildung 4 Übersicht über die Ziele der Arbeit und die angewendeten Methoden.

BIA = Bioimpedanzanalyse; DXA = Doppellröntgen-Absorptionsmessung; EMG = Elektromyographie; Fragebogen 1 = Fragebögen zur körperlichen Aktivität: 1. Freiburger Fragebogen nach Frey et al. (1999), 2. Fragebogen zur körperlichen Aktivität, validiert für ältere Menschen nach Voorrips et al. (1991); Fragebogen 2 = Fragebogen zu personenbezogenen Merkmalen.

2 Probanden und Methoden

Eine Übersicht über die Verbindungen zwischen den Probanden und den Methoden zeigt Abbildung 4. Die Hauptmethode segmentale Bioimpedanzanalyse ist sowohl Gegenstand der Untersuchung als auch Methode und nimmt damit eine zentrale Rolle ein. Die unterstützenden Methoden dienen einerseits der Charakterisierung des Probandenkollektivs und andererseits der Untersuchung der Hauptmethode hinsichtlich Genauigkeit und Einflussfaktoren.

2.1 Probanden

Insgesamt nahmen 102 ältere Probanden (52 Männer und 50 Frauen) an den Untersuchungen teil. Das mittlere Alter der Männer betrug $68,6 \pm 5,0$ Jahre, und das mittlere Alter der Frauen betrug $69,0 \pm 5,3$ Jahre.

Einschlusskriterien für die Teilnahme an der Studie waren das Alter (60 Jahre und älter) und eine eigenständige Lebensweise. Probanden wurden von der Teilnahme ausgeschlossen, wenn sie zum Zeitpunkt der Untersuchung

- einen Herzschrittmacher trugen,
- unter Nierenerkrankungen litten,
- Wassereinlagerungen oder Ödeme am Körper hatten,
- innerhalb der letzten fünf Jahren die Diagnose einer Krebserkrankung erhielten,
- metallhaltige Implantate wie künstliche Gelenke im Körper trugen,
- Medikamente einnahmen, die die Körperzusammensetzung und den Wasserhaushalt beeinflussen (z.B. Diuretika, gefäßerweiternde Medikamente, Kortisonpräparate) und
- amputierte Gliedmaße hatten.

Außerdem wurden Blutsverwandte von Probanden, die bereits an der Studie teilgenommen hatten, nicht zur Studie zugelassen. Damit sollte eine Verzerrung der Ergebnisse durch mögliche genetische Gemeinsamkeiten von Blutsverwandten in eine Richtung ausgeschlossen werden.

Probanden mit Herzschrittmacher wurden als reine Vorsichtsmaßnahme nicht zur Studie zugelassen. Gerade Herzschrittmacher mit eingebautem Defibrillator werden als Sicherheitsrisiko angesehen (National Institute of Health 1996, Foster und Lukaski 1996). Diese Vorsichtsmaßnahme wurde getroffen, obwohl der applizierte Strom unterhalb des Wirkungsbe-

reich dieser Geräte liegt (Foster und Lukaski 1996) und nach Kenntnis der Autorin keine Studien existieren, die eine negative Wirkung der Bioimpedanzmessung auf Herzschrittmacher mit eingebautem Defibrillator beschreiben.

Die Einwerbung der Probanden erfolgte über Vorlesungen für ältere Menschen an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, über Informationsblätter, Zeitungsanzeigen, Probanden, die an anderen Studien in der Abteilung Humanbiologie teilgenommen hatten und direkte Ansprache älterer Menschen in Vereinen. Den größten Erfolg erzielte allerdings das Einwerben neuer Probanden über Probanden, die bereits an der Studie teilgenommen hatten und Werbung in ihrem Familien-, Freundes- und Bekanntenkreis machten.

Allen Probanden wurde vor Durchführung der Untersuchung eine schriftliche Probandeninformation vorgelegt (Anhang A-1). Diese sollten sie, nachdem sie sie gelesen hatten und eventuelle Fragen geklärt wurden, unterschreiben. Danach unterzeichneten sie eine Einverständniserklärung (Anhang A-2). Die Probanden erklärten mit ihrer Unterschrift, dass sie freiwillig an der Studie teilnahmen, sie Sinn und Zweck der Studie verstanden hatten und sie der Verwendung der im Rahmen der Studie gewonnen Daten für wissenschaftliche Zwecke zustimmten. Auch erklärten sie sich mit den Erklärungen zum Datenschutz einverstanden. Für die Studie lagen ein positives Votum sowohl der Ethikkommission der medizinischen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel als auch des Bundesamtes für Strahlenschutz in Salzgitter vor. Letzteres war für die Doppelröntgen-Absorptionsmessungen nötig.

Nicht jeder Proband nahm an jeder Einzeluntersuchung der vorliegenden Arbeit teil. In den meisten Fällen war dies durch eine zeitliche Unabkömmlichkeit der Probanden begründet, vereinzelt wurde aber auch aus gesundheitlichen Gründen und aus Fürsorge gegenüber dem Probanden (z.B. Bedenken vor Strahlenbelastung der DXA, Probleme bei längerem Stehen) von einzelnen Untersuchungen abgesehen. Die Probandenkollektive für die einzelnen Untersuchungen sind in den jeweiligen Abschnitten beschrieben. Mit einer Ausnahme wurden bei allen Probanden die Daten von der Autorin selbst erhoben. Ausnahme ist das Probandenkollektiv (N = 20) für die Untersuchung zum Einfluss der Elektrodenposition an der Hüfte auf die Messwerte des Beines. Diese wurden nicht von der Autorin selbst sondern von Kathrin Dettbarn im Rahmen einer Bachelorarbeit erhoben.

Eine Übersicht über Anzahl und mittleres Alter der Probanden in den jeweiligen Teilbereichen gibt Tabelle 1.

Tabelle 1 Übersicht über Anzahl und mittleres Alter der Probanden in den Teilbereichen

Teilbereich	Anzahl			Mittleres Alter [Jahre] (\pm SD)		
	Männer	Frauen	Gesamt	Männer	Frauen	Gesamt
Gesamtes älteres Probandenkollektiv	52	50	102	68,6 (\pm 4,98)	69,0 (\pm 5,29)	68,8 (\pm 5,12)
Technikvergleich (Data Input)	28	40	68	68,0 (\pm 5,19)	68,0 (\pm 5,28)	68,0 (\pm 5,21)
Vergleich Tanita vs. DXA	40	32	72	68,8 (\pm 4,95)	69,3 (\pm 4,7)	69,0 (\pm 4,83)
Einfluss der Körperposition und des Blutdrucks auf die segmentale Bioimpedanzanalyse	27	18	46	68,1 (\pm 4,72)	70,6 (\pm 4,91)	69,07 (\pm 4,89)
Reliabilität der segmentale Bioimpedanzanalyse (Data Input)	51	43	94	68,8 (\pm 4,97)	69,4 (\pm 4,67)	69,1 (\pm 4,82)
Reliabilität der segmentalen Bioimpedanzanalyse (Tanita)	10	9	19	66,7 (\pm 3,97)	69,9 (\pm 4,99)	68,2 (\pm 4,65)
Einfluss der Platzierung der Messelektrode im Hüftbereich für die Messwerte des Beins (Data Input)	0	20	20	0	22,7 (\pm 1,39)	22,7 (\pm 1,39)
Reliabilität für den Vergleich unterschiedlicher Elektrodenpositionen (Data Input)	0	11	11	0	23,1 (\pm 1,51)	23,1 (\pm 1,51)

SD = Standardabweichung

2.2 Methoden

Alle Messungen wurden morgens zwischen 7:30 Uhr und 11:00 Uhr durchgeführt. Für alle Untersuchungen galten die gleichen Prätestbedingungen um direkte Einflüsse auf Gewicht und insbesondere Wassereinlagerungen bzw. Wasserverluste zu vermeiden:

- Morgendliche Nüchternheit, das letzte Essen und Trinken sollte etwa 12 Stunden zurückliegen.
- Der letzte Sport oder Saunabesuch sollte mindestens 24 Stunden zurückliegen.
- Der letzte Alkoholgenuss sollte mindestens 24 Stunden zurückliegen.
- Die Blase sollte direkt vor der Messung geleert sein.
- Die letzte Zeit längeren Sitzens (Busreise, Flugreise, etc.) sollte mindestens eine Woche zurückliegen, um Wasserverschiebungen in die Beine auszuschließen.

Die Untersuchungen zur Bioimpedanzanalyse, die Anthropometrie, die Elektromyographie und das Ausfüllen der Fragebogen erfolgten in der Abteilung Humanbiologie des Zoologischen Instituts der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Die Doppelröntgen-

Absorptionsmessungen wurden an der Klinik für Diagnostische Radiologie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein am Campus Kiel durchgeführt.

Die Messung der Reliabilität fand an zwei aufeinander folgenden Tagen statt.

Die Daten für die segmentalen Bioimpedanzmessungen sowie für die anthropometrischen Messungen und Blutdruckmessungen wurden unter Verwendung eines standardisierten Datenbogens dokumentiert (Anhang A-6).

2.2.1 Mehrfrequenz-Bioimpedanzanalyse (MF-BIA)

Bioimpedanzanalysator Nutriguard-M (Data Input)

Für alle Mehrfrequenz-Bioimpedanzmessungen (MF-BIA) wurde das Gerät Nutriguard-M von Data Input (Darmstadt) verwendet (Abbildung 5). Das Gerät ermöglicht Messungen bei den Frequenzen von 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz. Es werden Werte für die Resistanz, Reaktanz und den Phasenwinkel ausgegeben. Die angelegte Stromstärke beträgt 0,8 mA und liegt damit unterhalb der menschlichen Wahrnehmungsgrenze.



Abbildung 5 Mehrfrequenz Bioimpedanzanalysator Nutriguard-M, Data Input (Quelle: Autorin)

Die Anschlüsse erfolgen über ein mehrdrahtiges Kabel, welches sich in je ein Hand- und ein Fußkabel aufteilt. Diese sind wiederum zweigeteilt. Eine Ader dient der Stromeinspeisung und wird jeweils an den distalen Elektroden (Zehen bzw. Finger) befestigt. Die zweite Ader dient der Widerstandsmessung und wird an den proximalen Elektroden (Hand- bzw. Fußgelenk) befestigt. Messungen des ganzen Körpers werden auf der rechten Körperseite durchgeführt.

Die Berechnung der Körperkompartimente (Ganzkörperwasser, extrazelluläres Wasser, intrazelluläres Wasser, Magermasse, extrazelluläre Matrix, Körperzellmasse) auf Ganzkörperebene

ne erfolgte mittels der Software Nutri Plus 5.1 (Data Input, Darmstadt). Eine Übersicht über die untersuchten Variablen ist in Tabelle 2 dargestellt.

Das Gerät wurde zum Vergleich von drei Messtechniken zur segmentalen Bioimpedanzanalyse genutzt. Für Technik 1 wurden für die direkte Messung der segmentalen Bioimpedanz zusätzliche Elektroden im Schulter- und Hüftbereich angebracht. Technik 2 und Technik 3 basierten auf dem Konzept der Äquipotentiale unter Verwendung eines Prototyps eines zusätzlichen Schaltgeräts bei Technik 2 und ohne dessen Verwendung und manuelles Umstecken der Kabel bei Technik 3.

Schaltgerät-Prototyp (Zusatz zu Nutriguard-M)

Für segmentale Messungen wurde vom Hersteller (Data Input) ein spezielles Schaltgerät als Prototyp gebaut, das vor die Messkabel an das Nutriguard-M-Gerät angeschlossen werden kann (Abbildungen 6 und 7). An diesem Gerät ist ein Anschluss für ein zusätzliches Kabel vorgesehen. Die Messpunkte befinden sich an den gleichen Stellen wie für die Ganzkörpermessung, allerdings auf beiden Körperseiten.



Abbildung 6 Schaltgerät-Prototyp als Zusatz zu Bioimpedanzanalysegerät Nutriguard-M (Data Input) zur Steuerung der Stromwege (Quelle: Autorin)

Die Funktion des Schaltgerätes dient der selektiven Ansteuerung der verschiedenen Messpunkte zur segmentalen Messung, beruhend auf dem Konzept der Equipotentiale. Es sind vom Hersteller fünf verschiedene Schalterstellungen vorgegeben, die der Messung der entsprechenden Segmente dienen: Ganzkörpermessung auf der rechten Körperseite, Messungen rechter und linker Arm sowie Messungen rechtes und linkes Bein. Eine Messung des Rumpfes ist nicht vorgesehen.

Die Stromversorgung des Nutriguard-M-Geräts während der Messung erfolgt über eine Batterie, das Zusatzgerät hingegen benötigt während der Messung eine externe Stromversorgung.

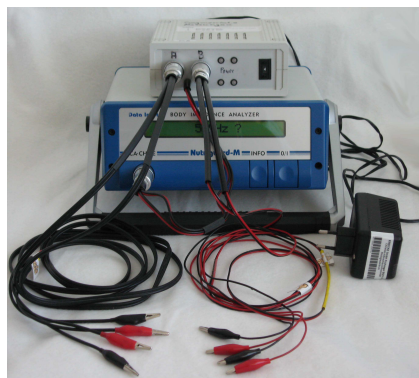
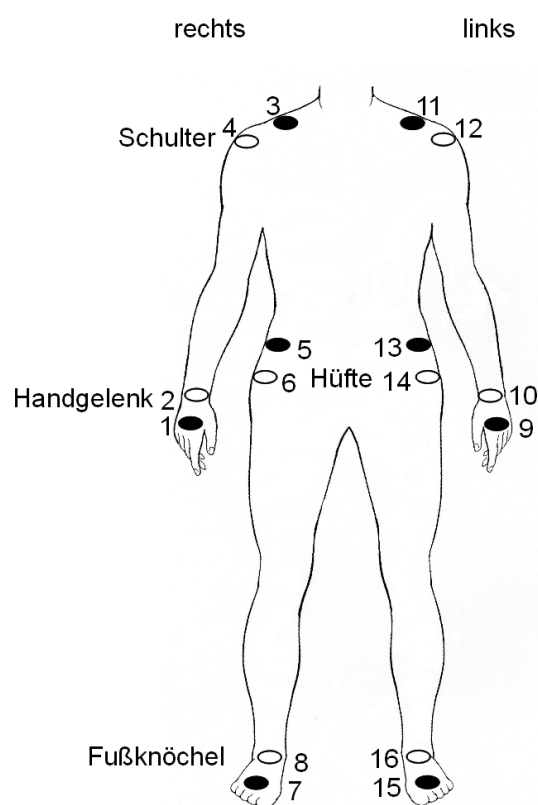


Abbildung 7 Bioimpedanzanalysator Nutriguard-M mit zusätzlichem Schaltgerät, Messkabeln und Netzgerät zur Stromversorgung des Schaltgerätes (Quelle: Autorin)

Elektrodenpositionierung

Der Kontakt zur Körperoberfläche wird über Klebeelektroden hergestellt (siehe Abbildung 8), die bei Ganzkörpermessungen an standardisierten Punkten an Hand- und Fußrücken angebracht werden (Elektroden Nr. 1, 2, 7, 8).



Elektroden für direkte Messungen:

ganzer Körper: 1, 2, 7, 8

rechter Arm: 1, 2, 3, 4

linker Arm: 9, 10, 11, 12

rechtes Bein: 5, 6, 7, 8

linkes Bein: 13, 14, 15, 16

Elektroden für Messungen

nach dem Konzept der Äquipotentiale:

ganzer Körper: 1, 2, 7, 8

rechter Arm: 1, 2, 7, 10

linker Arm: 2, 9, 10, 15

rechtes Bein: 1, 7, 8, 16

linkes Bein: 8, 9, 15, 16

Abbildung 8 Positionierung der Elektroden bei segmentalen Mehrfrequenz-Bioimpedanzmessungen
schwarze Ellipsen = Speiseelektroden; weiße Ellipsen = Sensorelektroden (Quelle: Autorin)

Auf dem Handrücken wird eine Elektrode auf Höhe einer gedachten Linie durch den höchsten Punkt *Processus styloideus ulnae* in die Lücke zwischen den Handgelenksknöcheln platziert und eine zweite Elektrode mittig unterhalb der Grundgelenksknöchel von Zeige- und Mittelfinger. Analog wird auf dem Fußrücken eine der beiden Elektroden am Sprunggelenk auf einer gedachten Linie zwischen den beiden Fußknöcheln angebracht und die zweite Fußelektrode mittig unter den Grundgelenken des zweiten und dritten Fußzehs. Für die segmentale Bioimpedanzanalyse erfolgt diese Anordnung der Elektroden entsprechend auch auf der linken Körperseite (Elektroden Nr. 9, 10, 15, 16). Bei Messungen basierend auf dem Konzept der Äquipotentiale werden insgesamt 8 Elektroden verwendet (siehe Abbildung 9).

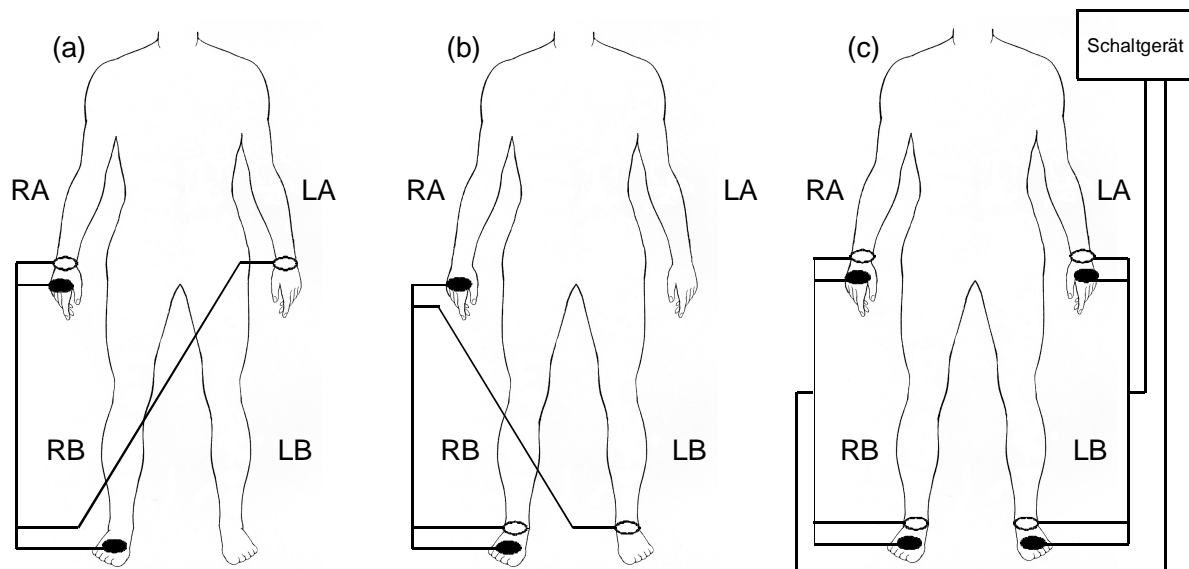


Abbildung 9 Segmentale Messungen nach dem Konzept der Äquipotentiale, beispielhaft für die rechte Körperseite. Dargestellt sind die manuellen Verbindungen der Anschlüsse zur Messung (a) des Armes und (b) des Beines, sowie (c) Verbindung der Anschlüsse unter Verwendung des Schaltgerätes. RA = rechter Arm, LA = linker Arm, RB = rechtes Bein, LB = linkes Bein; weiße Ellipsen = Messelektroden, schwarze Ellipsen = Speiseelektroden (Quelle: Autorin)

Die Stromeinspeisung erfolgte grundsätzlich bei allen Messreihen ipsilateral. Während der Messungen wurde die Platzierung nicht verändert. Bis zum Abschluss der Messung blieben alle Elektroden aufgeklebt, um Veränderungen durch Verschieben der Elektrodenposition zu verhindern.

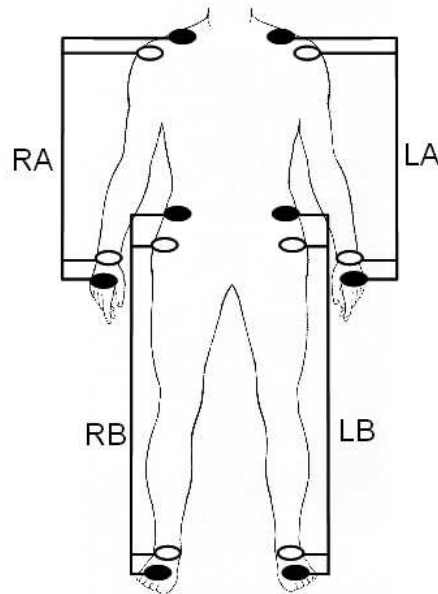


Abbildung 10 Anschlüsse für die direkten segmentalen Messung des rechten und linken Armes (RA, LA) und des rechten und linken Beines (RB, LB); schwarze Ellipsen = Speiseelektroden; weiße Ellipsen = Messelektroden (Quelle: Autorin)

Für direkte segmentale Messungen, die nicht auf dem Konzept der Äquipotentiale basieren, wurden zusätzlich zu den standardisierten Elektroden an Händen und Füßen Elektrodenpaare im Schulter- (Elektroden Nr. 4, 3, 11, 12) und Hüftbereich (Elektroden Nr. 5, 6, 13, 14) auf der rechten und linken Körperseite angebracht (Abbildung 10). Ein Elektrodenpaar bestand immer aus einer Speiseelektrode (schwarz) und einer Messelektrode (weiß). Insgesamt wurden 16 Elektroden verwendet. Die Messelektrode an der Schulter wurde distal des *Akromion* angebracht, die Speiseelektrode 5-10 cm proximal der Messelektrode (Fuller und Elia 1989). An der Hüfte wurden die Messelektrode anterior der *Crista iliaca* und die Speiseelektrode 5 cm cranial der Messelektrode (Fuller und Elia 1989) angebracht. Die Messung der Arme erfolgte über die Anschlüsse 1-4 (rechte Seite) bzw. 9-11 (linke Seite). Für die Messung der Beine wurden rechts die Elektroden 5-8 und links 13-16 verwendet.

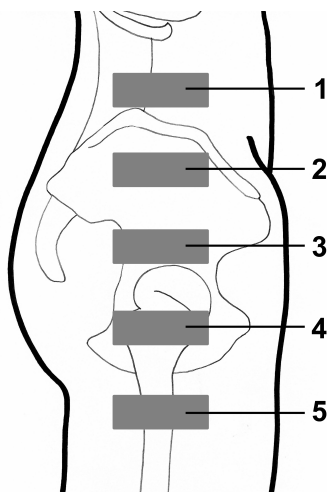


Abbildung 11 Verschiedene Positionierungen der Messelektrode (graue Rechtecke) im Hüftbereich zur Messung der Impedanz des Beins. Position 1 entspricht den Vorgaben von Fuller und Elia (1989) anterior der *Crista iliaca*, Position 5 den Vorgaben von Chumlea et al. (1988) auf Höhe der Glutealfalte. (Quelle: Autorin)

Um den Einfluss der Elektrodenposition an der Hüfte für die Widerstandsmessungen des Beins zu testen, wurden fünf Positionen für die Messelektrode im Hüftbereich festgelegt (Abbildung 11). Die am proximalsten gelegene Elektrodenposition (Position 1) entspricht den Vorgaben von Fuller und Elia (1989) anterior der *Crista iliaca*. Die distalste Position (Position 5) liegt auf Höhe der Glutealfalte, wie sie von Chumlea et al (1988) beschrieben wird. Positionen 2-4 liegen in gleichmäßigen Abständen zwischen Position 1 und Position 5. Die Speiselektrode korrespondierend zur Messelektrode an der Hüfte wurde an der standardisierten Stelle auf dem rechten Handrücken angebracht. Es wurde bewusst die distale Position gewählt, um einen möglichst großen Abstand zwischen Mess- und Speiselektrode zu erhalten. Dies sollte Wechselwirkungen zwischen Mess- und Speiselektrode aufgrund des elektrischen Feldes, welches beim Applizieren des Stromes entsteht, verhindern. Die Mess- und Speiselektrode am Fuß wurden entsprechend den standardisierten Punkten angebracht. Um Effekte resultierend aus der Liegedauer zu verhindern, wurde in der Reihenfolge der Messungen von Probandin zu Probandin variiert. Bei der ersten Probandin wurde die Messung an Punkt 1 begonnen und es folgten Messungen an den Positionen 2, 3, 4 und 5. Bei der zweiten Probandin begannen die Messungen an Punkt 2, es folgten die Messungen an Punkt 3, 4, 5 und 1. Bei der dritten Probandin wurden die Messungen in der Reihenfolge 3, 4, 5, 1, 2 durchgeführt u.s.w.

Positionierung der Probanden

Während der Messungen liegen die Probanden gerade ausgestreckt, Arme und Beine möglichst in einem Winkel von 30° vom Körper abgespreizt. Dies soll sicherstellen, dass der applizierte Strom den Weg über den gesamten Körper nimmt. Alle Körperteile müssen während der Messung auf der gleichen Höhe liegen, um Verschiebungen des Körperwassers zu vermeiden.

Wurden verschiedene Messtechniken zur segmentalen Bioimpedanzanalyse hintereinander ausgeführt, sollten sich beim Wechsel der Technik die Probanden zur Verteilung des Körperwassers für fünf Minuten aufrichten und einige Schritte laufen.

Um den Einfluss der Steh- und Liegedauer auf die segmentalen Widerstandswerte (Resistanz, Reaktanz, Phasenwinkel) bei den drei Frequenzen 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz zu ermitteln, wurden im Abstand von 10 Minuten Ganzkörper- und segmentale Messungen durchgeführt. Zu den Zeitpunkten t_0 und t_{10} standen die Probanden. Zum Zeitpunkt t_{20} legten sich die Probanden hin und blieben für die darauf folgenden Messungen t_{30} bis t_{50} liegen. Die Probanden sollten sich so wenig wie möglich bewegen und entspannt liegen. Die Messungen wurden nur auf der rechten Körperseite mittels Messungen nach dem Konzept der Äquipotentiale unter Verwendung des Schaltgeräts durchgeführt. Um ein Absinken der Körpertemperatur und eine damit verbundene angespannte Haltung zu vermeiden, wurden bei Bedarf Decken gereicht.

Tabelle 2 Untersuchte Variablen mittels segmentaler Mehrfrequenz-Bioimpedanzanalyse (Data Input)

Variable	Einheit	Messfrequenz	Segmente
R	Ω	5 kHz	Ganzer Körper, rechter Arm, linker Arm, rechtes Bein, linkes Bein
		50 kHz	Ganzer Körper, rechter Arm, linker Arm, rechtes Bein, linkes Bein
		100 kHz	Ganzer Körper, rechter Arm, linker Arm, rechtes Bein, linkes Bein
Xc	Ω	5 kHz	Ganzer Körper, rechter Arm, linker Arm, rechtes Bein, linkes Bein
		50 kHz	Ganzer Körper, rechter Arm, linker Arm, rechtes Bein, linkes Bein
		100 kHz	Ganzer Körper, rechter Arm, linker Arm, rechtes Bein, linkes Bein
φ	°	5 kHz	Ganzer Körper, rechter Arm, linker Arm, rechtes Bein, linkes Bein
		50 kHz	Ganzer Körper, rechter Arm, linker Arm, rechtes Bein, linkes Bein
		100 kHz	Ganzer Körper, rechter Arm, linker Arm, rechtes Bein, linkes Bein
TBW	L		Ganzer Körper
ECW	L		Ganzer Körper
ICW	L		Ganzer Körper
LBM	kg		Ganzer Körper
ECM	kg		Ganzer Körper
BCM	kg		Ganzer Körper

R = Resistanz; Xc = Reaktanz; φ = Phasenwinkel; TBW = Ganzkörperwasser; ECW = extrazelluläres Wasser; ICW = intrazelluläres Wasser; LBM = Magermasse; ECM = extrazelluläre Matrix; BCM = Körperzellmasse

2.2.2 Monofrequente segmentale Bioimpedanzanalyse (sBIA)

Das Modell BC-418 MA des Herstellers Tanita (Tokio, Japan) ist ein Gerät zur segmentalen Bioimpedanzmessung (sBIA), welches für Messungen im Stehen konzipiert ist. Dieses Modell verwendet zur Messung der elektrischen Impedanz nur eine Frequenz von 50 kHz. Das Messprinzip basiert auf dem Konzept der Equipotentiale. Die oktopolare Messung erfolgt über taktile Edelstahlelektroden, die in Handgriffen und Fußplatten integriert sind. Die Kontaktstellen sind jeweils zweigeteilt, je ein Teil dient der Stromeinspeisung, das andere der Widerstandsmessung. In die Fußplattform ist zusätzlich eine Personenwaage integriert (Abbildung 12).

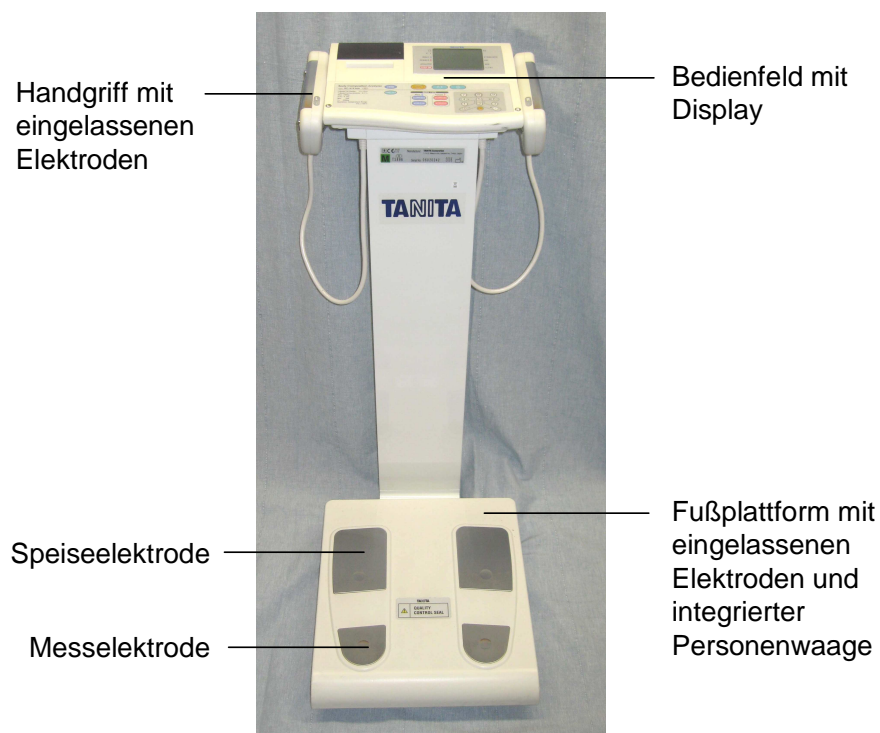


Abbildung 12 Segmentaler Monofrequenz-Bioimpedanzanalysator BC-418MA, Tanita (Quelle: Autorin)

Die Messung erfolgt weitestgehend automatisch. Für jeden Probanden werden Alter, Geschlecht, Trainingszustand (Sportler oder Nichtsportler) sowie die Körperhöhe direkt am Gerät eingegeben. Das Körpergewicht wird während des Messvorgangs bestimmt und direkt zur Berechnung der Kompartimente Fettmasse, fettfreie Masse, Muskelmasse und Körperwasser einbezogen. Während des Messvorgangs steht der Proband ruhig und entspannt auf der Plattform und hält in jeder Hand einen Handgriff. Die Arme sind dabei leicht abgewinkelt, um einen Kontakt zwischen Armen und Körper zu vermeiden. Sobald die Messung beendet ist, werden die Ergebnisse der Messung ausgedruckt (Tabelle 3). Neben den Impedanz-Werten

für den gesamten Körper, beide Arme und beide Beine werden für die Körperkompartimente des ganzen Körpers und der einzelnen Segmente (Arme, Beine, Rumpf) die Werte für den Fettanteil (%), die Fettmasse (kg) und die fettfreie Masse (kg) ausgegeben. Zusätzlich werden für den ganzen Körper Werte für das Körperwasser (L) und den Grundumsatz (kJ, kcal) ausgegeben und für die Körpersegmente die errechnete Muskelmasse (kg).

Tabelle 3 Untersuchte Variablen mittels segmentaler Monofrequenz-Bioimpedanzanalyse (Tanita)

Variable	Einheit	Frequenz	Segmente
Impedanz	Ω	50 kHz	Ganzer Körper, rechter Arm, linker Arm, rechtes Bein, linkes Bein
FM	%		Ganzer Körper, rechter Arm, linker Arm, rechtes Bein, linkes Bein, Rumpf
FM	kg		Ganzer Körper, rechter Arm, linker Arm, rechtes Bein, linkes Bein, Rumpf
FFM	kg		Ganzer Körper, rechter Arm, linker Arm, rechtes Bein, linkes Bein, Rumpf
Muskelmasse	kg		Rechter Arm, linker Arm, rechtes Bein, linkes Bein, Rumpf
Körperwasser	kg		Ganzer Körper

FM = Fettmasse; FFM = fettfreie Masse

2.2.3 Doppelröntgen-Absorptionsmessung (DXA)

Die Doppelröntgen-Absorptionsmessung (DXA) zählt zu den bildgebenden Verfahren, mittels derer sich der menschliche Körper gemäß seiner unterschiedlichen optischen Dichteverhältnisse zweidimensional darstellen lässt. Diese erlauben eine Unterscheidung der Fett-, Muskel- und Knochenanteile im Körper. Die größte Bedeutung hat diese Methode in der Diagnose von Osteoporose.

In dieser Studie wurde DXA als Referenzmethode zum Vergleich der mittels sBIA bestimmten Muskel- und Fettmasse eingesetzt.

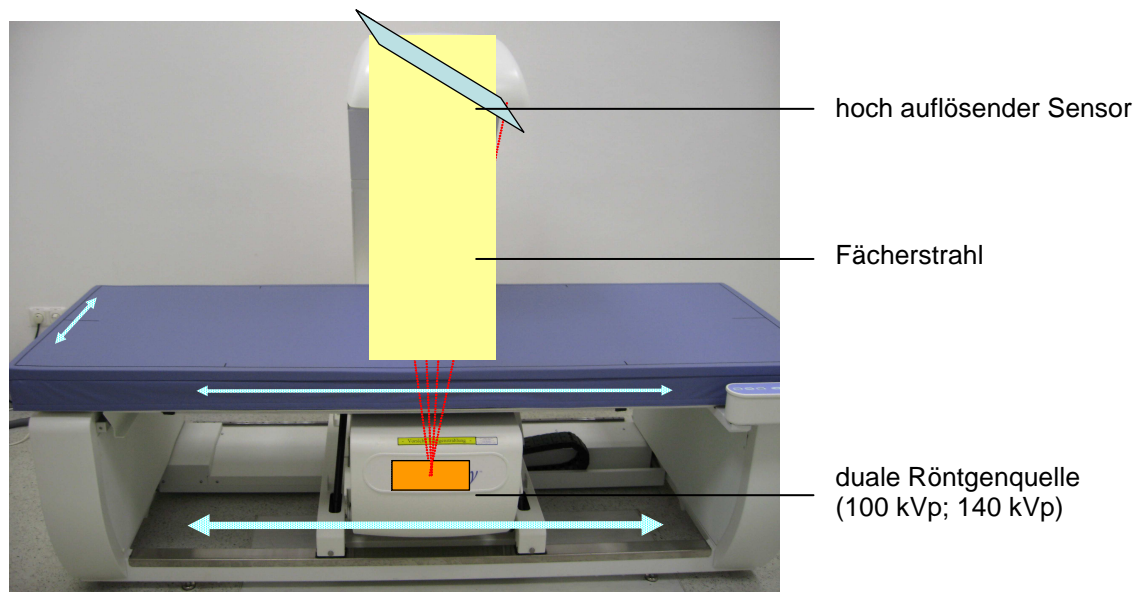


Abbildung 13 Gerät zur Doppelröntgen-Absorptionsmessung Discovery A Hologic) an der Klinik für Diagnostische Radiologie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein am Campus Kiel mit schematischer Darstellung des Scanprinzips (Quelle: Autorin)

Es wurde das Gerät Discovery A der Firma Hologic (Bedford, USA) mit der dazugehörigen QDR Software für Windows XP Version 12.6.1 verwendet, die neben der Option für die Bestimmung der Knochendichte auch eine Option zur Ganzkörperauswertung hinsichtlich Knochen- und Weichteilgewebe enthält. Dieses Modell arbeitet mit einem Fächerstrahl und einer wechselnden Strahlenintensität von 100 kVp und 140 kVp (Hologic 2005). Die Belastung mit Röntgenstrahlung liegt unter $10 \mu\text{Sv}$ (Hologic 2004).

Das Gerät besteht aus einem in drei Achsen beweglichen Untersuchungstisch, unter dem sich die Strahlenquelle befindet und einem in einer Achse (kopfwärts-fußwärts) beweglichen C-Arm, an dem sich die Strahlenquelle und der Detektor befinden (Abbildung 13). Die Apparatur ist mit einem PC verbunden, auf dem die dazugehörige Software installiert ist und an den die Scan-Daten zur weiteren Analyse übermittelt werden.

Der Scanner wurde täglich vor den Untersuchungen von der Autorin gegen zwei verschiedene Phantome der Lendenwirbelsäule kalibriert, eines wurde vom Hersteller bereitgestellt, das zweite diente der regelmäßigen zusätzlichen Kontrolle der Arbeitsleistung des Gerätes. Im Abstand von einer Woche kalibrierte sich der Scanner in Bezug auf seine Scan-Grenzen zusätzlich selbst. Hierzu scannte er die Begrenzungen des Untersuchungstisches ab.

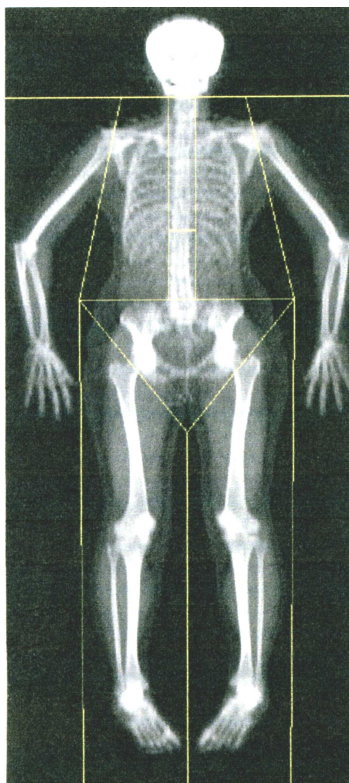


Abbildung 14 Darstellung des ganzen Körpers mittels DXA zur Berechnung der segmentalen Körperzusammensetzung. Die gelben Linien markieren die einzelnen Körpersegmente. (Quelle: anonymisiertes Beispiel eines Originalscans)

Zu den Messungen trugen die Probanden ausschließlich dünne Unterwäsche. Alle metallhaltigen Teile in Form von Schmuck, Brillen, Hörgeräten oder Kleidung mit Metallanhängen (BH-Bügel, Haken, Ösen, Reißverschlüsse, etc.) wurde vom Körper entfernt.

Die Positionierungen der Probanden für die unterschiedlichen Messungen erfolgten gemäß den Vorgaben des Herstellers. Zur Ganzkörpermessung lagen die Probanden mit dem Rücken auf dem Untersuchungstisch. Die Arme wurden leicht vom Körper abgespreizt und die Beine so positioniert, dass die großen Zehen zueinander zeigten (Abbildung 14). Bei der Positionierung des Probanden wurde darauf geachtet, dass kein Körperteil über die Markierung auf dem Untersuchungstisch hinausragte. Der C-Arm und der Untersuchungstisch bewegten sich zur Untersuchung so gegeneinander, dass der ganze Körper in drei Bahnen, rechts an der Kopfseite beginnend, abgescannt wurde. Ein Scan dauerte etwa fünf Minuten.

Für die Diagnose der Osteoporose, die sowohl zur Charakterisierung der Probanden als auch als Dank für ihre Teilnahme an der Studie durchgeführt wurde, wurden je eine Aufnahme der Lendenwirbelsäule und des rechten Femurhalses erstellt. Zum Scannen der Lendenwirbelsäule wurde den Probanden ein Schaumstoffwürfel unter die Unterschenkel gelegt, sodass die Beine einen rechten Winkel zum Rücken bildeten. Somit lag die Wirbelsäule möglichst flach

auf. Der Scanner wurde dann etwa eine Hand breit über dem Bauchnabel mittig justiert, die Feinabstimmung des zu messenden Bereichs erfolgte über die Software. Für den Scan des Femurhalses wurde das rechte Bein leicht einwärts gedreht und am Fuß fixiert. Der Scanner wurde auf Höhe der *Spina iliaca anterior superior* (vorderer, oberer Darmbeinstachel) positioniert. Die Feinausrichtung erfolgte ebenfalls über die Software.

Die durch die Software durchgeführte Berechnung der segmentalen Muskel-, Fett- und Knochenmasse sowie der Knochendichte (Tabelle 4) erfolgte auf Basis einer manuellen Abgrenzung der einzelnen Körpersegmente bzw. der Knochenstrukturen mittels grafischem Marker innerhalb der Darstellung des gescannten Körpers bzw. des Körperabschnitts. Berechnungsgrundlage für die jeweilige Gewebemasse bzw. die Knochenmineraldichte ist die Helligkeit der Bildpixel. Bei sich überlagernden Geweben wird mit Hilfe mathematischer Modelle auf die dreidimensionale Struktur geschlossen. Die Beurteilung der Knochendichte erfolgte auf Grundlage der von der Software ausgegebenen Daten durch einen Mediziner des Universitätsklinikums.

Tabelle 4 Untersuchte Variablen mittels Doppelröntgen-Absorptionsmessung

Variable	Einheit	Segment
BMC	g	Ganzer Körper, rechter Arm, linker Arm, rechtes Bein, linkes Bein, Rumpf
BMD	g/cm ²	Ganzer Körper, rechter Arm, linker Arm, rechtes Bein, linkes Bein
FM	g	Ganzer Körper, rechter Arm, linker Arm, rechtes Bein, linkes Bein, Rumpf
FM	%	Ganzer Körper, rechter Arm, linker Arm, rechtes Bein, linkes Bein, Rumpf
MM	g	Ganzer Körper, rechter Arm, linker Arm, rechtes Bein, linkes Bein, Rumpf
Magermasse (BMC + MM)	g	Ganzer Körper, rechter Arm, linker Arm, rechtes Bein, linkes Bein, Rumpf
Osteoporose		Manuelle Beurteilung anhand des Bildes von Femurhals und Lendenwirbelsäule

BMC = Bone Mineral Kontent (Knochenmineralgehalt); BMD = Bone Mineral Density (Knochendichte); FM = Fettmasse; MM = Muskelmasse

2.2.4 Elektromyographie

Für die Elektromyographie (EMG) wurde das Modell MP35 von BIOPAC Systems, Inc., Goleta, USA mit der dazugehörigen Software Biopac Student Lab 3.7.1 verwendet (Abbildung 15). Die Aufzeichnung erfolgte mittels Lesson 1 EMG. Die Angaben des Herstellers für die Ableitung eines Elektromyogramms beziehen sich auf eine Messung am Unterarm. In der vorliegenden Studie erfolgte die Ableitung des Elektromyogramms jedoch am Unterschenkel.

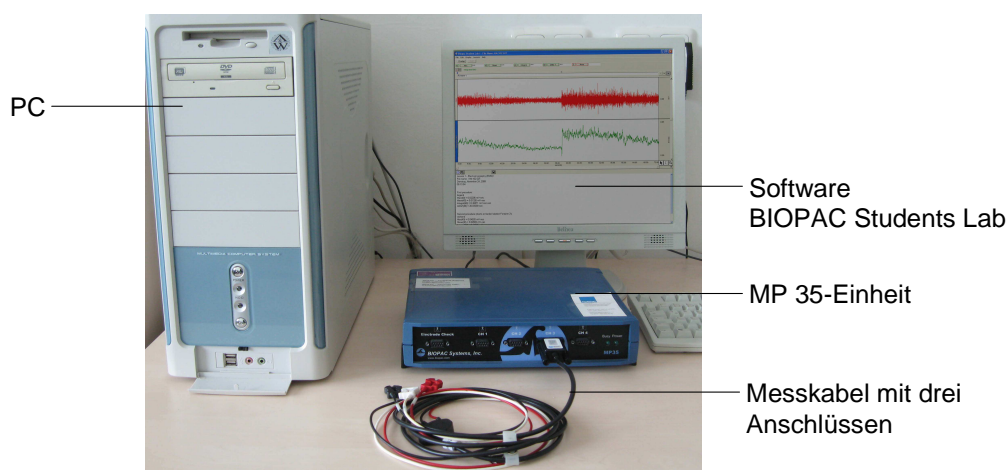


Abbildung 15 Gerät MP35 von BIOPAC Systems zur Elektromyographie mit angeschlossenem Messkabel und PC zur Darstellung und Auswertung der Daten mittels Software Biopac Student Lab 3.7.1 (Quelle: Autorin)

Die verwendeten Elektroden sind handelsübliche EKG-Oberflächenelektroden (DocCheck High Quality Medical Products, DocCheck Medizinbedarf und Logistik GmbH, Weil im Schönbuch), die mit einer Kontaktstelle aus Ag/AgCl und elektrischen Strom leitendem Elektroden-Gel versehen sind.

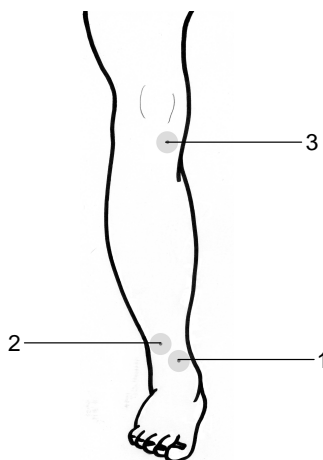


Abbildung 16 Anordnung der Elektroden am Unterschenkel zur Elektromyographie: 1 = superior des *Malleolus medialis*, 2 = superior des *Malleolus lateralis* und Elektrode 1; 3 = inferior der *Patella* (Quelle: Autorin)

Die Muskelspannung wurde immer am rechten Bein gemessen. Abbildung 16 zeigt die Platzierung der Elektroden. Eine Elektrode wurde knapp superior des *Malleolus medialis* (innerer Fußknöchel) angebracht, die zweite Elektrode etwas versetzt superior über dem *Malleolus lateralis* (äußerer Fußknöchel). Die dritte Elektrode befand sich in einer Linie mit der ersten Elektrode inferior der *Patella* (Kniescheibe).

Das Prinzip der Elektromyographie besteht darin, elektrische Potentialunterschiede zu messen, die beim Anspannen der Muskeln entstehen. Die vorliegende Elektrodenkonfiguration misst die Muskelspannung verschiedener Muskeln am Unterschenkel, vor allem der Muskeln, die der Dorsalflexion des Fußes dienen. Die gemessenen Spannungspotentialunterschiede liegen im mV-Bereich.

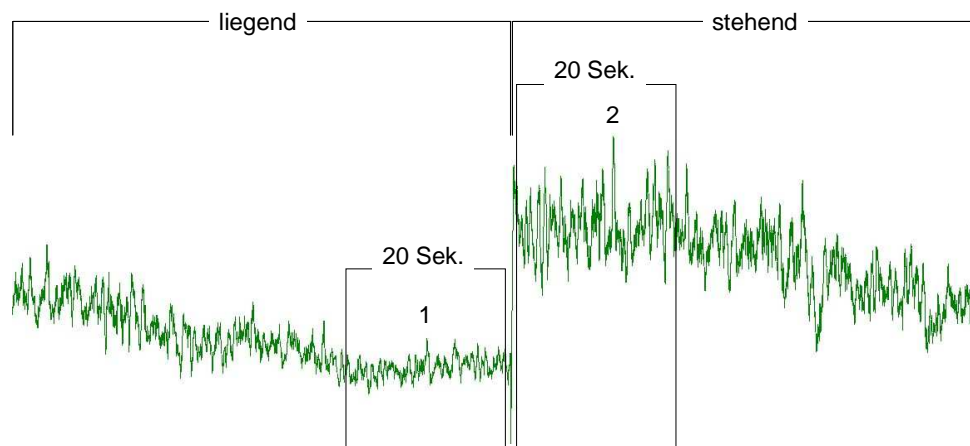


Abbildung 17 Ausschnitt aus einem Elektromyogramm; Ausgewertet wurden jeweils 20 Sekunden im Liegen sowie 20 Sekunden im Stehen hinsichtlich maximalem Muskelspannungspotentialunterschied (1, 2), dem mittleren Muskelspannungspotentialunterschied über den ausgewählten Bereich und Integral über den ausgewählten Bereich. Es wurde jeweils der Bereich ausgewählt, in denen die Muskelspannung am gleichmäßigsten war.

Die Muskelspannung wird sowohl im Liegen als auch im Stehen über einen Zeitraum von 20 Sekunden gemessen. Es werden der maximale Muskelspannungspotentialunterschied, der mittlere Muskelspannungspotentialunterschied und das Integral über die Messkurve bestimmt (Abbildung 17, Tabelle 5).

Tabelle 5 Mittels Elektromyographie untersuchte Variablen, die jeweils im Liegen und im Stehen gemessen wurden

Variable	Einheit	Beschreibung
EMG-Max	mV	Die maximale Amplitude des Elektromyogramms im ausgewählten Bereich
EMG-Mittel	mV	Die mittlere Amplitude des Elektromyogramms im ausgewählten Bereich
EMG-Integral	mV	Das Integral über das Elektromyogramm im ausgewählten Bereich

2.2.5 Anthropometrie

Alle Körpermaße wurden nach Knußmann (1988) bestimmt. Längen-, Breiten- und Höhenmaße wurden auf 0,1 cm genau gemessen, das Körpergewicht auf 0,1 kg genau bestimmt. In Tabelle 6 sind die verwendeten Maße zusammengestellt.

Aus dem Körpergewicht und der Körperhöhe wurde der Body-Mass-Index (BMI) berechnet:

$\text{BMI [kg/m}^2\text{]} = \text{Körpergewicht [kg]} / \text{Körperhöhe [m}^2\text{]}.$

Tabelle 6 Beschreibung der verwendeten anthropometrischen Maße nach Knußmann (1988) mit Messinstrument

Maß [Martin-Nr.], Einheit	Messstrecke	Messinstrument
Körperhöhe [1], cm	Geradlinige Entfernung des Vertex von der Standfläche bei aufrechter Haltung	Anthropometer
Schulterhöhe [8], cm	Geradlinige Entfernung des Akromiale von der Standfläche bei aufrechter Körperhaltung (rechte und linke Körperseite)	Anthropometer
Cristalhöhe [12], cm	Die Cristalhöhe diente als Maß für die Beinlänge: Geradlinige Entfernung des Iliocristale von der Standfläche	Anthropometer
Sitzhöhe [23], cm	Geradlinige Entfernung des Vertex von der Sitzfläche bei gestreckter Wirbelsäule und im rechten Winkel aufgestellten Füßen	Anthropometer
Direkte Armlänge [45], cm	Geradlinige Entfernung des Daktylion vom Akromiale bei herabhängendem Arm und vollkommen gestreckter Hand, gemessen auf beiden Körperseiten	Stangenzirkel
Epikondylenbreite des Humerus [52(3)], cm	Breite des Ellenbogengelenks als geradlinige Entfernung der beiden Humeralia voneinander, gemessen von hinten bei gebeugtem Unterarm auf beiden Körperseiten	Gleitzirkel
Radioulnarbreite [52(4)], cm	Geradlinige Entfernung der beiden Supracarpalia voneinander bei supiniertem Unterarm gemessen auf beiden Körperseiten	Gleitzirkel
Epikondylenbreite des Femur [59d], cm	Durchmesser zwischen den Epikondylen des Femur (Knie) als geradlinige Entfernung der beiden Meria voneinander, gemessen im Stehen und auf beiden Körperseiten	Gleitzirkel
Bimalleolarbreite [59e], cm	Durchmesser zwischen den Knöcheln des Unterschenkels (Sprunggelenk) als geradlinige Entfernung der beiden Supratarsalia voneinander, gemessen auf beiden Körperseiten	Gleitzirkel
Brustumfang [61], cm	Umfang der Brust bei ruhiger Atmung in Normalstellung. Es wurde auf Höhe des Xyphoidale gemessen, da hier der Umfang bei Frauen nicht durch die Ausprägung der Brüste beeinflusst ist.	Bandmaß
Tailenumfang [62], cm	Kleinsten Umfang des Rumpfes zwischen Brust und Hüfte bei ruhiger Atmung und nicht angespannten Bauchmuskeln	Bandmaß
Bauchumfang [62(1)], cm	Umfang des Bauches auf Höhe des Nabels bei normaler Atmung und nicht angespannten Bauchmuskeln	Bandmaß
Hüftumfang [64(1)], cm	Größter Umfang der Hüfte auf Höhe der stärksten Ausladung des Gesäßes bei geschlossenen Füßen und nicht angespannten Gesäßmuskeln	Bandmaß
Oberarmumfang [65], cm	Größter Umfang des Oberarmes zwischen Akromiale und Olekranion bei hängendem Arm und entspannter Armmuskulatur	Bandmaß
Größter Unterarmumfang [66], cm	Größter Umfang des Unterarmes bei hängendem Arm und entspannter Armmuskulatur gemessen auf beiden Körperseiten	Bandmaß
Größter Oberschenkelumfang [68], cm	Größter Umfang des Oberschenkels bei gleichmäßiger Gewichtsverteilung auf beide Beine und entspannter Muskulatur gemessen auf beiden Körperseiten	Bandmaß
Größter Wadenumfang [69], cm	Größter Umfang des Unterschenkels bei gleichmäßiger Gewichtsverteilung auf beide Beine und entspannter Muskulatur gemessen auf beiden Körperseiten	Bandmaß
Körpergewicht [71], kg	Messung ohne Schuhe und Jacken, Taschen vor der Messung entleert, kein Abzug für Kleidung	Bioimpedanzanalysator mit integrierter Personenwaage (BC-418 MA, Tanita)

2.2.6 Vigorimetrie

Zur Messung der Handkraft wurde ein Martin Vigorimeter (Gebrüder Martin GmbH & Co. KG, Tuttlingen) verwendet (Abbildung 18). Das Funktionsprinzip besteht in der Messung des Luftdrucks, der durch das Komprimieren eines Gummiballs erzeugt wird. Das Martin Vigorimeter besteht aus einem Manometer zur Messung des Luftdrucks in kPa, welches über einen Gummischlauch mit einem birnenförmigen Gummiball verbunden ist. Dieser steht in drei verschiedenen Größen zur Verfügung, um Beeinflussungen der Messwerte durch die Handgröße möglichst zu vermeiden. Für Frauen ist der Ball in mittlerer Größe, für Männer in der größten Größe vorgesehen. Der Ball der kleinsten Größe wird ausschließlich für Kinderhände verwendet und wurde in der vorliegenden Arbeit nicht genutzt.



Abbildung 18 Martin Vigorimeter, Gebrüder Martin GmbH & Co. KG (Quelle: Autorin)

Der Ball wird so gegriffen, dass er locker in der hohlen Hand liegt und so ausgerichtet, dass der Verbindungsschlauch zum Manometer zwischen Daumen und Zeigefinger hindurchgeführt wird. Wenn die Hand zur Faust geschlossen wird, sollten sich die Wände des Gummiballs nicht berühren.

Der Kraftaufbau während der Messung erfolgte mit langsamem, aber gleichmäßigem Druck, nach der so genannten Rampenmethode (Pieper und Jürgens, 1992). Als Maximalkraft gilt der Wert, den die Versuchsperson erreicht, bevor sie selbst den Kraftaufbau abbricht. Diese Methode liefert die zuverlässigsten Ergebnisse.

Das Manometer hat zusätzlich zum normalen Zeiger einen Schleppzeiger eingebaut, der an der Stelle der größten Kraft stehen bleibt (Tabelle 7). Somit kann der Wert im Anschluss an die Messung in Ruhe abgelesen werden.

Tabelle 7 Messvariablen der Vigorimetrie

Variable	Einheit	Beschreibung
Handkraft max rechts	kPa	Maximale Handkraft der rechten Hand
Handkraft max links	kPa	Maximale Handkraft der linken Hand

2.2.7 Blutdruckmessung

Zur Messung des Blutdrucks wurde der Handgelenks-Blutdruckcomputer Vitalcontrol VC07 (Hans Dinslage GmbH, Uttenweiler) verwendet (Abbildung 19). Es handelt sich dabei um ein automatisches Messgerät, welches für die Blutdruckmessung am Handgelenk bestimmt ist.

**Abbildung 19** Handgelenks-Blutdruckcomputer Vitalcontrol VC07, Hans Dinslage GmbH (Quelle: Autorin)

Die Messungen wurden am linken Handgelenk durchgeführt, wobei der Arm bei jeder Messung auf Herzhöhe lag. Der Blutdruck wurde nicht nur im Sitzen gemessen, sondern auch im Stehen und im Liegen. Die Durchführung der Messung erfolgte gemäß den Angaben des Herstellers. Die Manschette wurde dabei eng am Handgelenk anliegend angebracht und mit Klettverschlüssen befestigt. Die Messeinheit mit den Sensoren befindet sich auf der dorsalen Seite des Armes. Bei Betätigung des Startknopfes beginnt das Gerät automatisch Luft in die Manschette zu pumpen. Diastolischer und systolischer Blutdruck (mmHg) werden während des langsamen Luftablassens automatisch erfasst. Zusätzlich zum Blutdruck wurde der Puls (bpm) bestimmt (Tabelle 8).

Tabelle 8 Messvariablen der Vigorimetrie

Variable	Einheit	Beschreibung
Diastole	mmHg	Diastolischer Blutdruck
Systole	mmHg	Systolischer Blutdruck
Puls	bpm	Herzschläge pro Minute

2.2.8 Fragebogen zur Erfassung der körperlichen Aktivität

Zur Erfassung der körperlichen Aktivität wurden zwei verschiedene Fragebogen verwendet, die Kurzform des „Freiburger Fragebogens“ nach Frey et al. (1999) (Anhang A-4) und der Fragebogen nach Voorrips et al. (1991), der speziell auf die Erfassung der Aktivität älterer Menschen ausgerichtet ist (Anhang A-5).

Die Fragebogen wurden weitestgehend von den Probanden eigenständig ausgefüllt. Es wurden Hilfestellungen bei Verständnisschwierigkeiten der Fragen und bei Schätzungen der Dauer von bestimmten Tätigkeiten gegeben. Auf Wunsch wurden in Einzelfällen die Fragebogen in Form eines Interviews mit den Probanden erarbeitet.

2.2.8.1 Freiburger Fragebogen

Der von Frey et al. (1999) entwickelte Fragebogen zur körperlichen Aktivität wurde als ein Instrument entwickelt, zielgruppenunabhängig gesundheitswirksame Aktivitäten erfassen zu können. Die Eignung des Fragebogens auch im Hinblick auf epidemiologische Untersuchungen wurde an einer Stichprobe der Freiburger Bevölkerung getestet.

Der Fragebogen ist in drei Teile strukturiert, die sich mit ihren Fragen jeweils auf unterschiedliche Aktivitätslevel beziehen. Allerdings sind diese drei Teile nicht deutlich in Abschnitte voneinander abgegrenzt.

Basisaktivitäten sind solche, die sich aus dem unmittelbaren Tagesablauf ergeben. Hierzu zählen per Fuß und per Fahrrad zurückgelegte Wege, Treppensteigen und Gartenarbeit. Diese Aktivitäten zeichnen sich durch leichte bis moderate Belastungsintensitäten aus.

Die Freizeitaktivitäten haben eher geringe bis mittlere Intensitäten. Sie werden hauptsächlich wegen ihres Erlebnis- oder Erholungswerts ausgeführt. Hierzu zählen Spaziergänge und -fahrten mit dem Fahrrad, sowie Tanzen und Kegeln bzw. Bowling.

Der Themenkomplex der Sportaktivitäten behandelt Sportarten, die regelmäßig ausgeführt werden. Die Erhaltung und Verbesserung der persönlichen Fitness steht dabei im Vordergrund. Die Aktivität ist hier entsprechend hoch.

Die Fragen beziehen sich auf Aktivitäten innerhalb eines kurzen, überschaubaren Zeitraums. Es handelt sich bei den meisten Fragen um einen Zeitraum von einer Woche bzw. der letzten sieben Tage. Der maximale Zeitraum, nach dem gefragt wird, beträgt vier Wochen. Der Fra-

gebogen ist so aufgebaut, dass er vom Probanden problemlos eigenständig ausgefüllt werden kann.

Die Auswertung erfolgt auf Grundlage der Tabellen nach Ainsworth et al. (2000). Darin wird einer jeweiligen Tätigkeit ein metabolisches Äquivalents (MET) zugeordnet. Diese wurden für jede Aktivität vergeben und mit der Dauer der ausgeübten Tätigkeit multipliziert. Die so ermittelten Werte für jede Frage werden am Ende zu einer Gesamtsumme addiert.

2.2.8.2 Aktivitätsfragebogen für ältere Menschen

Auf Grundlage des Aktivitätsfragebogen von Baecke et al. (1982) entwickelten und validierten Voorrips et al. (1991) einen Fragebogen zur Aktivität, der speziell an ältere Menschen angepasst ist. Der Fragebogen ist darauf ausgelegt, dass er vom Probanden nicht selbst ausgefüllt, sondern im Interview mit dem Versuchsleiter bearbeitet wird. Es ist jedoch auch möglich, dass der Proband den Fragebogen eigenständig ausfüllt.

Der Fragebogen ist dreigeteilt in Haushaltsaktivitäten, Sportaktivitäten und Freizeitaktivitäten. Die einzelnen Themenbereiche sind deutlich in einzelne Abschnitte unterteilt.

Die Haushaltsaktivitäten werden überwiegend als Multiple-Choice-Fragen vorgegeben. Sie beziehen sich auf die Häufigkeit von leichter und schwerer Hausarbeit, für wie viele Personen der Haushalt geführt wird, die Anzahl der Räume, die gereinigt werden und über wie viele Stockwerke sie sich erstrecken, wie oft selbst Nahrung zubereitet wird, wie oft Treppen gestiegen werden und wie oft man mit welchem Verkehrsmittel das Haus zum Einkaufen oder für andere Aktivitäten verlässt. Die Antworten der zehn Multiple-Choice-Fragen werden gemäß den angekreuzten bzw. angegebenen Zahlenwerten addiert und durch 10 dividiert. Dies gibt den Gesamtwert für die Haushaltsfragen.

Der Themenbereich der sportlichen Aktivitäten ist frei auszufüllen. Hier soll lediglich die Sportart mit den Stunden pro Woche und den Monaten im Jahr vom Probanden angegeben werden. Jeder Sportart ist ein bestimmter Intensitätscode zugeordnet, der dann mit dem Multiplikator aus den Stunden und den Monaten zu einem Gesamtprodukt für die betreffende Sportart verrechnet wird. Diese Einzelwerte werden dann zu einer Summe aller Sportarten addiert. Die Intensitätscodes beziehen sich auf acht verschiedene Aktivitätsmuster:

- liegend ohne Belastung
- sitzend ohne Belastung
- sitzend mit Bewegungen der Hand oder des Armes

- sitzend mit Körperbewegungen, stehend ohne Belastung
- stehend mit Bewegungen der Hand oder des Armes
- stehend mit Körperbewegungen oder gehend
- gehend mit Bewegungen der Hand oder des Armes
- gehend mit Körperbewegungen, Fahrradfahren oder Schwimmen

Der Themenbereich der Freizeit-Aktivitäten wird genau so wie die sportlichen Aktivitäten bearbeitet. Auch hier wird nur die Art der Aktivität mit den Stunden pro Woche und den Monaten im Jahr angegeben. Die Berechnung erfolgt analog zu den sportlichen Aktivitäten und bezieht sich auf die gleichen Intensitätscodes. Die Addition der Werte aller drei Themenbereiche ergibt die Gesamtpunktzahl.

2.2.9 Fragebogen zu personenbezogenen Merkmalen

Ein in der Abteilung Humanbiologie des zoologischen Instituts der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel entwickelter Fragebogen für humanbiologische Untersuchungen (Anhang A-3) diente zum einen der Erfassung von demographischen Merkmalen der Probanden wie Familienstand und Fragen zum Beruf. Zum anderen wurde der Gesundheitszustand abgefragt in dem von den Probanden Angaben zur eigenen Einschätzung des Gesundheitszustandes, der Trinkmenge an Wasser, Kaffee bzw. Tee und Alkohol, dem Rauchverhalten, zu vom Arzt diagnostizierten Krankheiten, Knochenbrüchen und im Falle der Frauen auch Angaben zu Menstruation und Hormonbehandlungen gemacht werden sollten.

2.2.10 Statistische Verfahren

Statistische Analysen wurden mit dem Software-Paket SPSS 15.0 für Microsoft Windows (SPSS, Chicago, USA) durchgeführt.

Die Normalverteilung der Daten wurde mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test geprüft. Im Falle einer Normalverteilung wurden für anschließende statistische Untersuchungen parametrische Tests verwendet, anderenfalls nicht-parametrische Tests.

Zum Vergleich der Mittelwerte von normalverteilten Daten wurde der t-Test angewendet.

Der t-Test für verbundene Stichproben wurde angewendet, wenn zwei Messungen bei gleichen Probanden miteinander verglichen werden. Er wurde für die Prüfung der Reliabilität sowie für Vergleiche verschiedener Messtechniken, Methoden, Elektrodenpositionierungen

und Seitenvergleiche eingesetzt. Alternativ wurde bei nicht normal verteilten Daten der Wilcoxon-Test angewendet.

Mittels t-Test für unverbundene Stichproben wurden Vergleiche einer Variablen zwischen zwei Gruppen, in diesem Fall Männern und Frauen durchgeführt. Mittels Test nach Levene auf Varianzgleichheit wurde geprüft, mit welcher Wahrscheinlichkeit eine Gleichheit der Varianzen angenommen werden kann. Bei Varianzungleichheit wurde der t-Test für ungleiche Varianzen angewendet. Bei nicht normalverteilten Daten wurde alternativ der Man-Whitney-u-Test angewendet.

Zusammenhänge zwischen einzelnen normalverteilten metrischen Variablen wurden mit dem Korrelationskoeffizient nach Pearson untersucht. Für nicht normalverteilte Variablen wurde der Korrelationskoeffizient nach Spearman verwendet.

Multiple lineare Regressionsanalysen wurden nach dem Einschluss-Verfahren durchgeführt, um unter verschiedenen unabhängigen Variablen Prädiktoren zu ermitteln, die einen Einfluss auf eine abhängige Variable haben. Die prozentualen Unterschiede zwischen Messungen der sBIA und DXA waren hier die abhängigen Variablen. Unabhängige Variablen waren Alter, Geschlecht, BMI, direkte Armlänge, Beinlänge, Brustumfang, Taillenumfang, Bauchumfang, Hüftumfang sowie die mittels DXA gemessene und als absolute Masse bestimmte Muskel- und Fettmasse des rechten Armes, des rechten Beines und des Rumpfes. Als Koeffizienten werden der Standardfehler, b als unstandardisierter Regressionskoeffizient, der angibt, zu welchem Grad der Prädiktor die abhängigen Variablen beeinflusst und β als standardisierter Regressionskoeffizient, der angibt, um wie viele Standardabweichungen sich die abhängigen Variablen bei Veränderung des Prädiktors ändert, angegeben. Die Ergebnisse des t-Tests geben an, ob der jeweilige Prädiktor einen signifikanten Einfluss auf die abhängige Variable hat. R^2 gibt an, wie viel Prozent der Varianzen durch das Modell erklärt wird. F ist die Prüfvariable (Field 2009).

Die graphische Darstellung von Zusammenhängen erfolgte mit Hilfe von Streudiagrammen mit Regressionsgerade. Auf diese Weise wurden die Zusammenhänge zwischen absolut gemessener Fett- und Muskelmasse mit der prozentualen Abweichung der mittels sBIA bestimmten Werte von den mittels DXA bestimmten Werten dargestellt.

Für den Vergleich von mehr als drei verbundenen normalverteilten Messwerten wurde die ANOVA für Messwertwiederholungen durchgeführt. Sie beruht auf dem Vergleich der Varianzen und gibt als Prüfgröße F an (Field 2009). Wurde keine Sphärizität angenommen, wurde

die Greenhouse-Geisser-Korrektur angewendet. In der vorliegenden Arbeit wurde sie für die Analyse der Unterschiede zwischen den Bioimpedanzanalysetechniken genutzt (3×2) mit dem Innersubjektfaktor Messtechnik und dem Zwischensubjektfaktor Geschlecht, sowie für die Untersuchung der Messwiederholungen während der Messungen im Abstand von 10 Minuten während der Steh- und Liegezeit (Innersubjektfaktor Messzeitpunkt). Für die Untersuchung der Unterschiede zwischen den Messtechniken wurde zusätzlich für nicht normalverteilte Daten der Friedman-Test verwendet.

Für die graphische Darstellung von Unterschieden zwischen Methoden wurden Bland-Altman-Plots verwendet. Die Form der Darstellung geht auf Bland und Altman (1986) zurück, bei der in einem kartesischen Koordinatensystem auf der x-Achse der Mittelwert zwischen beiden Methoden und auf der y-Achse die Differenz beider Methoden gegeneinander für jede Messung, also jeden Probanden aufgetragen wird. Zusätzlich wird die mittlere Abweichung aufgetragen sowie die mittlere Abweichung plus und minus 1,96 Standardabweichung der Differenz. Die Darstellung erlaubt eine Beurteilung des systematischen Messfehlers und der Streuung der Abweichungen. Bland-Altman-Plots wurden für den Vergleich der Muskel- und Fettmasse, gemessen mit sBIA und DXA, verwendet. Die Bland-Altman-Plots wurden mit dem Programm Med Calc 7.2.0.2 (MedCalc Software, Mariakerke, Belgien) generiert.

Mittelwerte sind mit dazugehöriger Standardabweichung (\pm SD) angegeben. Die statistische Signifikanz war bei 5% gegeben ($P < 0,05$; zweiseitige Fragestellung).

3 Ergebnisse

3.3 Deskriptive Merkmale der Probanden

3.3.1 Gesamtes älteres Probandenkollektiv

Insgesamt nahmen 52 ältere Männer und 50 ältere Frauen zwischen 60 und 83 Jahren an der Studie teil.

3.3.1.1 Allgemeine Kennzeichen

Zum Zeitpunkt der Untersuchung gaben 90,4% der Männer an, im Ruhestand zu sein, während dies nur 74,0% der Frauen angaben. Allerdings bezeichneten sich 20,0% der Frauen als Hausfrau, ganz im Gegensatz zu den Männern, bei denen niemand angab, Hausmann zu sein. Von den 9,6% berufstätigen Männern arbeiteten 5,8% als Selbständige und jeweils 1,9% in einem Angestellten- bzw. Beamtenverhältnis. Die verbleibenden 6% der Frauen arbeiteten noch in einem Angestelltenverhältnis.

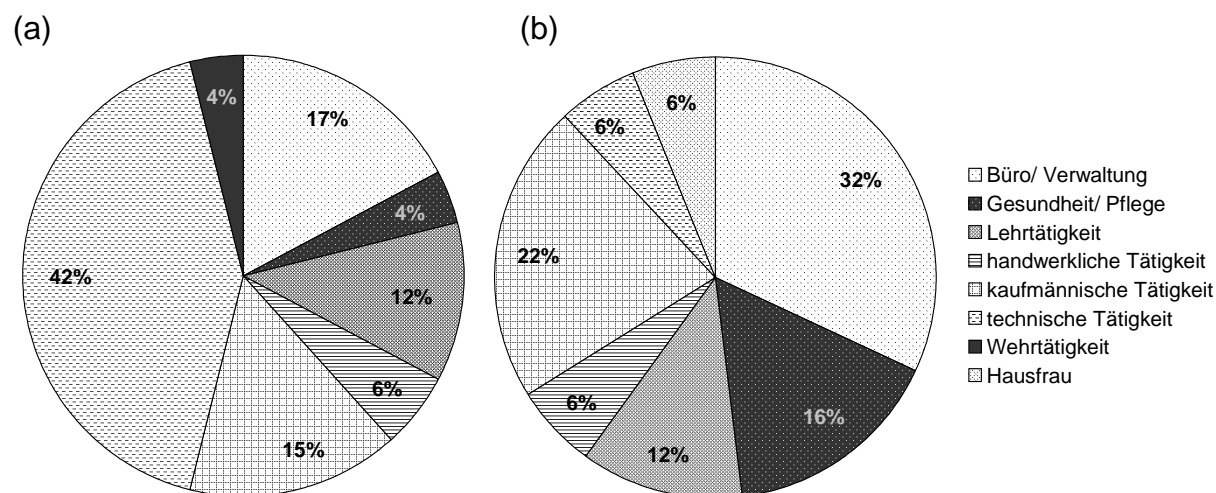


Abbildung 20 Berufsgruppen in denen (a) Männer (N = 52) und (b) Frauen (N = 50) tätig waren

Vor dem Eintritt in den Ruhestand bzw. zum Zeitpunkt der Untersuchung waren die meisten Männer in technischen Berufen tätig (Abbildung 20). Weitere größere Anteile nahmen Büro- und Verwaltungstätigkeiten sowie kaufmännische Tätigkeiten und Lehrtätigkeiten ein. Bei den Frauen hingegen übte fast ein Drittel der Probandinnen eine Büro- oder Verwaltungstätigkeit aus, etwa ein Fünftel der Probandinnen eine kaufmännische Tätigkeit.

Im Mittel übten Männer ihren Beruf $36,8 \pm 9,18$ Jahre aus, während es bei Frauen im Mittel $28,4 \pm 11,57$ Jahre waren. Bei beiden Geschlechtern beträgt die maximale Zeit, in der sie den angegebenen Beruf ausübten, 52 Jahre. Bei den Männern lag die minimale Zeit, in der sie den Beruf ausübten, bei 5 Jahren und bei den Frauen bei 12 Jahren.

Während mehr als drei Viertel (76,9%) der Männer verheiratet waren oder in einer festen Beziehung lebten, traf dies nur auf die Hälfte der Frauen zu (50,0%). Hier war der Anteil an verwitwet oder geschieden lebenden Frauen größer (44,0%) als der der Männer (19,2%). Der geringste Anteil sowohl bei Männern als auch bei Frauen gab an, niemals verheiratet gewesen zu sein (3,8% Männer, 6,0% Frauen).

Die Auswertung des körperlichen Aktivitätsgrades mittels Freiburger Fragebogen und Fragebogen zur körperlichen Aktivität älterer Menschen nach Voorrips et al. (1991) ergab für die Männer einen mittleren Aktivitätsgrad von $71,8 \pm 67,8$ MET bzw. $16,9 \pm 8,9$ Punkte. Die Frauen hatten einen mittleren Aktivitätsgrad von $61,3 \pm 39,6$ MET bzw. $12,7 \pm 7,4$ Punkten.

Die meisten Probanden, sowohl Männer als auch Frauen, schätzten ihren Gesundheitszustand verglichen mit Gleichaltrigen als gut ein, ein hoher Anteil sogar als sehr gut (Tabelle 9). Am dritthäufigsten wurde von den Probanden der Gesundheitszustand als Mittel eingeschätzt. Der Anteil der Probanden, die ihren Gesundheitszustand als schlecht oder ausgezeichnet einschätzten, war am geringsten.

Tabelle 9 Selbsteinschätzung des Gesundheitszustandes

Gesundheitszustand	Männer (N = 52)	Frauen (N = 50)
Ausgezeichnet (%)	1,9	4,0
Sehr gut (%)	40,4	24,0
Gut (%)	50,0	58,0
Mittel (%)	7,7	12,0
Schlecht (%)	0,0	2,0

N = Probandenanzahl

Tabelle 10 zeigt eine Übersicht über Krankheiten, die von den Probanden angegeben wurden. Es handelt sich um Eigenangaben der Probanden, bei denen sie sich ausschließlich auf die von einem Arzt diagnostizierten Krankheiten beschränken sollten. Die Angaben beziehen sich auf

die Anzahl der Probanden, bei denen die jeweilige Krankheit diagnostiziert wurde. Insgesamt gaben 55,8% der Männer und 60,0% der Frauen zwischen einer und vier Krankheiten an.

Tabelle 10 Übersicht über die Anzahl an Probanden, mit einer vom Arzt diagnostizierten Krankheit (Mehrfachnennungen möglich)

Krankheit	Männer (N = 52)	Frauen (N = 50)
Angina pectoris	1	1
Koronare Herzerkrankung	1	4
Andere Herzerkrankung	5	4
Bluthochdruck	11	12
Periphere arterielle Verschlusskrankheit	2	-
Diabetes	3	2
Arthritis	2	4
Arthrose	6	10
Osteoporose	2	7
Asthma	5	1
Bronchitis	3	4
Chronisch-obstruktive Lungenkrankheit	1	1
Krebs	4	1

N = Probandenanzahl

Sowohl bei Männern als auch bei Frauen nimmt der Bluthochdruck den größten Anteil ein und den zweitgrößten die Arthrose. Den drittgrößten Anteil macht bei Frauen die Osteoporose aus, während es bei Männern andere nicht weiter bestimmte Herzerkrankungen und Asthma sind. Allerdings liegt hier der Anteil bei Männern und Frauen etwa gleich hoch.

Fast zwei Drittel der Männer (63,5%) und über zwei Drittel der Frauen (70,0%) gaben an, regelmäßig Medikamente zu unterschiedlichen Krankheiten einzunehmen. Eine Aufstellung über die zum Zeitpunkt der Untersuchung medikamentös behandelten Krankheiten findet sich in Tabelle 11. Auch in den aufgeführten Medikamenten zeigt sich eine Multimorbidität, in Einzelfällen wurden bis zu zehn verschiedene Medikamente für bis zu sieben verschiedene Krankheiten eingenommen.

Tabelle 11 Medikamentös behandelte Krankheiten (Mehrfachnennungen möglich)

Krankheit	Männer (N = 52)	Frauen (N = 50)
asthmatische Beschwerden	7	-
Herzdurchblutung vermindert	2	1
Herzmuskelschwäche	2	1
Herzrhythmusstörungen	-	2
Hypertonie (Bluthochdruck)	18	27
Hypotonie (niedriger Blutdruck)	1	-
Anfälligkeit für Blutgerinnsel	11	8
Thrombose	1	
Durchblutungsstörung Gehirn	1	2
Augenhochdruck	2	1
Cholesterinspiegel erhöht	6	7
Diabetes Typ 2	3	-
Missempfindungen bei diabetischen Nervenschäden	1	-
Schmerzen	2	6
Restless legs	-	1
Gicht	1	-
Arthritis	1	3
Arthrose	-	1
Osteoporose	-	7
Entzündungen	2	-
Sodbrennen	5	2
Elektrolytmangel	1	-
Flüssigkeitsansammlung	2	2
Blasenschwäche	-	1
Prostata-Beschwerden	3	-
Schilddrüsenunterfunktion	2	8
Depressionen	1	2
Schlafstörungen	-	1
Schwindel	-	1

N = Probandenanzahl

Sowohl bei Männern als auch bei Frauen haben Medikamente gegen Bluthochdruck den größten Anteil, den zweithöchsten Anteil Medikamente zur Blutverdünnung. Bei Frauen ist der Anteil an Präparaten, die zur Behandlung von Schilddrüsenunterfunktionen eingesetzt werden

ebenso hoch, wie der Anteil der Medikamente zur Blutverdünnung. Weiterhin nehmen an dritter Stelle Medikamente gegen Osteoporose und zur Senkung des Cholesterinspiegels einen gleich hohen Stellenwert ein. Bei Männern liegen Medikamente gegen asthmatische Beschwerden an dritter Stelle, während Medikamente zur Senkung des Cholesterinspiegels an vierter Stelle liegen.

Obwohl 7 Frauen (14,0%) und 2 Männer (3,8%) eine diagnostizierte Osteoporose angaben, konnte diese bei entsprechenden Messungen, die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt wurden, nur bei 5 Frauen (10,0%), hingegen bei 3 Männern (5,8%) festgestellt werden. Bei 2 Männern (3,8%) wurde keine Knochendichtemessung durchgeführt. Die prozentualen Angaben beziehen sich auf die gesamte Stichprobe von 50 Frauen und 52 Männern.

Tabelle 12 Anteile der Probanden, die Knochenbrüche erlitten hatten mit Angabe der zurückliegenden Jahre

Körperteil	Männer (N = 52)		Frauen (N = 50)	
	%	Vor Jahren	%	Vor Jahren
Oberarm rechts	1,9	65,0 ($\pm 0,0$)	-	-
Oberarm links	1,9	60,0 ($\pm 0,0$)	6,0	34,7 ($\pm 27,7$)
Unterarm rechts	5,8	28,3 ($\pm 42,2$)	8,0	27,0 ($\pm 23,4$)
Unterarm links	5,8	33,0 ($\pm 26,2$)	8,0	12,4 ($\pm 19,8$)
Handgelenk rechts	5,8	42,0 ($\pm 5,2$)	4,0	15,5 ($\pm 7,8$)
Handgelenk links	3,8	42,5 ($\pm 17,7$)	4,0	24,5 ($\pm 29,0$)
Oberschenkel rechts	1,9	50,0 ($\pm 0,0$)	-	-
Oberschenkel links	-	-	-	-
Unterschenkel rechts	1,9	25,00 ($\pm 0,0$)	-	-
Unterschenkel links	1,9	45,0 ($\pm 0,0$)	4,0	31,5 ($\pm 31,8$)
Fußknöchel rechts	1,9	50,0 ($\pm 0,0$)	6,0	38,67 ($\pm 25,7$)
Fußknöchel links	-	-	2,0	48,0 ($\pm 0,0$)

N = Probandenanzahl

Der Anteil an Knochenbrüchen lag in den überwiegenden Fällen viele Jahre zurück, zumeist in der Kindheit und Jugend. Es wurden keine Knochenbrüche berichtet, die innerhalb des letzten Jahres vor der Untersuchung aufgetreten sind. Die Messungen waren daher nicht durch Knochenbrüche beeinflusst. Eine Übersicht über genannte Knochenbrüche ist in Tabelle 12 dargestellt.

Laut eigenen Angaben tranken sowohl Männer als auch Frauen im Mittel $2,0 \pm 0,7$ L bzw. $\pm 0,6$ L Flüssigkeit pro Tag. Davon entfielen bei den Männern im Mittel $24,2 \pm 17,1$ Tassen auf Kaffee oder schwarzen bzw. grünen Tee pro Woche. Bei den Frauen waren dies im Mittel $21,9 \pm 15,4$ Tassen pro Woche. Männer tranken im Mittel $7,8 \pm 10,0$ Gläser Alkohol pro Woche, während dies bei den Frauen mit $2,9 \pm 3,6$ Gläser Alkohol pro Woche deutlich weniger war.

Die Mehrheit der Probanden war zum Zeitpunkt der Untersuchung Nichtraucher (94,2% Männer; 98,0% Frauen).

3.3.1.2 Anthropometrische Merkmale

Eine Übersicht über die anthropometrischen Merkmale der Probanden ist in Tabelle 13 für Männer und Frauen dargestellt. Die mittlere Körperhöhe von $176,0 \pm 6,62$ cm bei den Männern und $162,2 \pm 5,23$ cm bei den Frauen und das mittlere Körpergewicht von $81,3 \pm 9,69$ kg bei den Männern und $68,3 \pm 10,02$ kg bei den Frauen ergeben einen mittleren BMI von $26,2 \pm 2,70$ kg/m² bei den Männern und $25,9 \pm 3,40$ kg/m² bei den Frauen. Nach der Klassifikation der WHO (2000) sind die Probanden somit im Mittel leicht übergewichtig. Dies entspricht allerdings einem BMI, der nach Müller et al. (2007) für Menschen ab einem Alter von 60 Jahren normal ist.

Die Schulterhöhe der rechten bzw. linken Körperseite liegt bei den Männern im Mittel bei $147,4 \pm 6,17$ cm bzw. $147,5 \pm 6,28$ cm. Bei den Frauen liegt sie im Mittel bei $134,5 \pm 4,65$ cm bzw. $134,6 \pm 4,77$ cm. Die mittlere Beinlänge beträgt bei den Männern rechts und links 106,1 cm mit einer Standardabweichung von 5,51 cm bzw. 5,42 cm. Bei den Frauen beträgt die mittlere Beinlänge rechts $98,0 \pm 3,39$ cm und links $98,2 \pm 3,99$ cm. Die direkte Armlänge beträgt bei den Männern auf der rechten Seite $80,1 \pm 3,60$ cm und auf der linken Seite $79,8 \pm 3,44$ cm. Bei den Frauen beträgt die direkte Armlänge auf der rechten bzw. linken Seite $71,9 \pm 3,24$ cm bzw. $71,8 \pm 3,10$ cm. Während die Sitzhöhe bei den Männern $90,7 \pm 3,66$ cm beträgt, beträgt sie bei den Frauen $48,8 \pm 3,15$ cm.

Die Umfangsmaße des Rumpfes betragen bei den Männern $95,7 \text{ cm} \pm 5,66$ cm für den Brustumfang, $93,1 \pm 7,88$ cm für den Taillenumfang, $96,4 \pm 7,76$ cm für den Bauchumfang und $100,0 \pm 5,11$ cm für den Hüftumfang. Die entsprechenden Umfangsmaße liegen bei den Frauen bei $82,9 \pm 7,41$ cm, $83,5 \pm 9,28$ cm, $90,8 \pm 9,94$ cm und $100,5 \pm 9,12$ cm. Die Umfangs-

maße der Arme betragen bei den Männern $29,5 \pm 2,23$ cm und $29,2 \pm 2,20$ cm für den Oberarmumfang rechts und links, $27,7 \pm 1,53$ cm für den größten Unterarmumfang rechts und $26,8 \pm 1,49$ cm für den größten Unterarmumfang links. Die entsprechenden Werte betragen bei den Frauen $28,3 \pm 2,44$ cm, $28,0 \pm 2,73$ cm, $25,0 \pm 1,86$ cm und $24,2 \pm 1,81$ cm. Die Umfänge der Beine betragen bei den Männern $50,9 \pm 3,11$ cm für den größten Oberschenkelumfang rechts, $50,2 \pm 3,27$ cm für den größten Oberschenkelumfang links, $36,2 \pm 2,47$ cm für den größten Wadenumfang rechts und $36,4 \pm 2,53$ cm für den größten Wadenumfang links. Die entsprechenden Werte betragen bei den Frauen $54,7 \pm 4,27$ cm, $53,7 \pm 4,60$ cm, $35,3 \pm 2,84$ cm, $35,9 \pm 2,58$ cm.

Die Breitenmaße von Ellenbogen-, Hand-, Knie- und Fußgelenk betragen für die rechte bzw. linke Körperseite bei den Männern $8,7 \pm 0,72$ cm bzw. $8,6 \pm 0,73$ cm für die Ellenbogenbreite, $6,1 \pm 0,48$ cm bzw. $6,0 \pm 0,40$ cm für die Radioulnarbreite, $10,9 \pm 0,50$ cm bzw. $10,9 \pm 0,57$ cm für die Epikondylenbreite des Femur und $7,5 \pm 0,57$ cm bzw. $7,3 \pm 0,49$ cm für die Bimalleolarbreite. Bei den Frauen betragen die entsprechenden Breitenmaße $7,8 \pm 0,68$ cm, $7,7 \pm 0,7$ cm, $5,3 \pm 0,55$ cm, $5,4 \pm 0,5$ cm, $10,6 \pm 0,86$ cm, $10,5 \pm 0,76$ cm, $9,7 \pm 0,58$ cm bzw. $5,5 \pm 0,44$ cm.

Tabelle 13 Anthropometrische Merkmale der Probanden

Merkmal	Männer (N = 52)		Frauen (N = 50)	
	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD
Körpergewicht (kg)	81,3	9,69	68,3	10,02
Körperhöhe (cm)	176,0	6,62	162,1	5,23
Body-Mass-Index (kg/m ²)	26,2	2,70	25,9	3,40
Schulterhöhe rechts (cm)	147,4	6,17	134,5	4,65
Schulterhöhe links (cm)	147,5	6,28	134,6	4,77
Beinlänge rechts (cm)	106,1	5,51	98,0	3,93
Beinlänge links (cm)	106,1	5,42	98,2	3,99
Direkte Armlänge rechts (cm)	80,1	3,60	71,9	3,24
Direkte Armlänge links (cm)	79,8	3,44	71,8	3,10
Sitzhöhe (cm)	90,7	3,66	84,8	3,15
Brustumfang (cm)	95,7	5,66	82,9	7,41
Tailenumfang (cm)	93,1	7,88	83,5	9,28
Bauchumfang (cm)	96,4	7,76	90,8	9,94
Hüftumfang (cm)	100,0	5,11	100,5	9,12
Oberarmumfang rechts (cm)	29,5	2,23	28,3	2,44
Oberarmumfang links (cm)	29,2	2,20	28,0	2,73
Größter Unterarmumfang rechts (cm)	27,7	1,53	25,0	1,86
Größter Unterarmumfang links (cm)	26,8	1,49	24,2	1,81
Größter Oberschenkelumfang rechts (cm)	50,9	3,11	54,7	4,27
Größter Oberschenkelumfang links (cm)	50,2	3,27	53,7	4,60
Größter Wadenumfang rechts (cm)	36,2	2,47	35,3	2,84
Größter Wadenumfang links (cm)	36,4	2,53	35,9	2,58
Ellenbogenbreite rechts (cm)	8,7	0,72	7,8	0,68
Ellenbogenbreite links (cm)	8,6	0,73	7,7	0,70
Radioulnarbreite rechts (cm)	6,1	0,48	5,3	0,55
Radioulnarbreite links (cm)	6,0	0,40	5,4	0,50
Epikondylenbreite Femur rechts (cm)	10,9	0,50	10,6	0,86
Epikondylenbreite Femur links (cm)	10,9	0,55	10,5	0,76
Bimalleolarbreite rechts (cm)	7,5	0,57	6,7	0,58
Bimalleolarbreite links (cm)	7,3	0,49	6,6	0,44

N = Probandenanzahl; SD = Standardabweichung

3.3.1.3 Direkte Messwerte der BIA, daraus berechnete und mittels DXA erfasste Körperkompartimente und maximale Handkraft

In Tabelle 14 sind die mittleren Werte der segmentalen Bioimpedanzmessungen mit dem Gerät von Data Input für Messungen im Liegen aufgeführt.

Tabelle 14 Mittlere Werte für R, Xc und ϕ in den einzelnen Segmenten gemessen mit dem Mehrfrequenz-Bioimpedanzanalysator Nutriguard-M + Schaltgerät (Data Input) im Liegen

Körpersegment	Direkter Messwert	Frequenz (kHz)	Männer (N = 52)		Frauen (N = 50)	
			Mittelwert	SD	Mittelwert	SD
Körper	R (Ω)	5	531,75	49,361	634,52	53,173
		50	463,02	58,525	570,78	49,425
		100	444,21	44,548	543,24	47,384
	Xc (Ω)	5	24,90	6,852	28,20	3,653
		50	50,88	7,440	57,54	6,600
		100	49,50	5,436	58,74	7,139
	ϕ ($^{\circ}$)	5	2,68	0,686	2,55	0,319
		50	6,28	0,664	5,77	0,460
		100	6,38	0,533	6,19	0,454
Arm rechts	R (Ω)	5	266,56	29,057	332,60	30,305
		50	234,27	27,686	298,34	33,442
		100	222,12	27,002	286,90	27,948
	Xc (Ω)	5	14,52	3,208	15,14	2,382
		50	23,88	2,587	26,34	3,088
		100	20,77	2,272	24,68	3,347
	ϕ ($^{\circ}$)	5	3,13	0,687	2,62	0,381
		50	5,85	0,620	5,03	0,461
		100	5,36	0,477	4,92	0,456
Arm links	R (Ω)	5	272,83	27,817	343,70	30,955
		50	240,33	27,195	312,26	30,234
		100	228,12	26,581	298,04	28,526
	Xc (Ω)	5	15,35	3,253	15,06	2,630
		50	24,10	2,329	26,44	3,569
		100	20,94	2,137	25,66	3,468
	ϕ ($^{\circ}$)	5	3,23	0,705	2,53	0,390
		50	5,75	0,628	4,87	0,550
		100	5,26	0,461	4,97	0,604
Bein rechts	R (Ω)	5	256,17	63,049	295,74	90,018
		50	224,75	55,144	256,28	51,535
		100	215,35	54,903	243,70	49,490
	Xc (Ω)	5	12,08	2,498	13,86	2,441
		50	25,00	6,168	27,48	5,452
		100	29,12	23,652	28,06	5,755
	ϕ ($^{\circ}$)	5	2,53	0,482	2,40	0,409
		50	6,36	0,785	6,13	0,646
		100	6,60	0,696	6,57	0,598
Bein links	R (Ω)	5	240,87	24,921	276,22	27,078
		50	212,58	22,561	246,36	23,660
		100	201,75	21,959	234,24	22,390
	Xc (Ω)	5	10,56	2,182	11,58	1,885
		50	23,88	3,735	26,52	4,067
		100	23,42	3,539	27,22	4,077
	ϕ ($^{\circ}$)	5	2,54	0,487	2,40	0,350
		50	6,40	0,899	6,16	0,640
		100	6,64	0,793	6,62	0,605

R = Resistanz; Xc = Reaktanz; ϕ = Phasenwinkel; N = Probandenanzahl; SD = Standardabweichung

Im Mittel liegen die Resistanzwerte der Männer um ca. 100 Ω niedriger als die mittleren Resistanzwerte der Frauen. Diese Beobachtung gilt auch für die Resistanzwerte in den Segmenten. Hier liegt die mittlere Differenz allerdings zwischen 30 Ω und 60 Ω .

Für die Impedanzwerte, die mittels Bioimpedanzanalysator von Tanita bestimmt wurden (Tabelle 15) gilt ebenfalls, dass die mittleren Impedanzwerte für den ganzen Körper bei den Männern um etwa 100 Ω niedriger sind als bei den Frauen, in den Segmenten sind es zwischen 30 Ω und 70 Ω .

Tabelle 15 Mittlere Werte für die Impedanz in den einzelnen Segmenten (Tanita)

Impedanz des Segments (Ω)	Männer (N = 51)		Frauen (N = 48)	
	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD
Körper	543,31	50,891	650,81	48,700
Bein rechts	238,43	25,123	267,10	28,758
Bein links	237,90	23,681	267,25	22,181
Arm rechts	279,55	29,691	352,42	33,511
Arm links	289,02	31,080	366,67	35,140

N = Probandenanzahl; SD = Standardabweichung

Aus den gemessenen Werten, die mittels Bioimpedanzanalysator von Data Input bestimmt wurden, wurden für den ganzen Körper das Gesamtkörperwasser, das extra- und intrazelluläre Wasser, die Magermasse, die extrazelluläre Matrix und die Körperzellmasse mittels der Software NutriPlus (Data Input) bestimmt (Tabelle 16).

Tabelle 16 Körperkompartimente für den ganzen Körper bestimmt mittels Bioimpedanzanalyse (Data Input)

Körperkompartiment	Männer (N = 52)		Frauen (N = 50)	
	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD
TBW (L)	46,67	4,200	33,66	2,907
ECW (L)	19,69	2,501	13,40	2,167
ICW (L)	26,97	1,816	20,25	0,819
LBM (kg)	63,76	5,735	45,97	3,963
ECM (kg)	29,87	2,912	22,70	2,290
BCM (kg)	33,88	4,017	23,28	2,215

TBW = Gesamtkörperwasser (Total Body Water); LBM = Magermasse (Lean Body Mass); ECM = Extrazelluläre Matrix (Extra Cellular Matrix); BCM = Körperzellmasse (Body Cell Mass); ECW = Extra Cellular Water (Extrazelluläres Wasser); ICW = Intra Cellular Water)

Aus den Impedanzwerten (Tanita) des ganzen Körpers und der Arme und Beine wurden mittels der in das Gerät integrierten Software die Fettmasse, die fettfreie Masse sowie die Muskelmasse für die Segmente und das Körperwasser für den ganzen Körper bestimmt (Tabelle 17).

Tabelle 17 Mittlere Werte für die Körperkompartimente bestimmt mittels segmentaler Bioimpedanzanalyse (Tanita)

Körperkompartiment	Männer (N = 51)		Frauen (N = 48)	
	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD
FM Körper (%)	24,88	4,550	35,69	6,349
FM Bein rechts (%)	22,45	4,612	40,41	4,997
FM Bein links (%)	22,20	4,114	40,88	4,222
FM Arm rechts (%)	20,65	3,583	32,87	7,290
FM Arm links (%)	21,41	4,027	34,50	6,954
FM Rumpf (%)	26,62	5,302	33,48	6,250
FM Körper (kg)	20,50	5,673	25,09	7,061
FM Bein rechts (kg)	2,93	0,898	4,99	1,134
FM Bein links (kg)	2,80	0,809	4,94	1,145
FM Arm rechts (kg)	0,92	0,263	1,17	0,439
FM Arm links (kg)	0,96	0,289	1,25	0,468
FM Rumpf (kg)	12,88	3,582	12,78	3,970
FFM Körper (kg)	60,82	5,864	42,97	3,980
FFM Bein rechts (kg)	9,72	0,975	7,08	0,682
FFM Bein links (kg)	9,67	1,024	7,00	0,611
FFM Arm rechts (kg)	3,44	0,470	2,27	0,238
FFM Arm links (kg)	3,49	0,472	2,317	0,517
FFM Rumpf (kg)	34,53	3,169	24,53	1,757
Muskelmasse Bein rechts (kg)	9,24	0,917	6,69	0,635
Muskelmasse Bein links (kg)	9,19	0,954	6,62	0,565
Muskelmasse Arm rechts (kg)	3,23	0,449	2,12	0,230
Muskelmasse Arm links (kg)	3,28	0,452	2,10	0,236
Muskelmasse Rumpf (kg)	33,21	3,054	23,46	1,666
Körperwasser Körper (L)	44,54	4,298	31,56	2,481

FM = Fettmasse; FFM = Fettfreie Masse; Körper = Messung des gesamten Körpers

Mittels DXA wurden der Knochenmineralgehalt, die Knochendichte, die Fettmasse, Muskelmasse und Magermasse für Arme, Beine, Rumpf und den ganzen Körper bestimmt (Tabelle 18).

Tabelle 18 Mittlere Werte der Doppellröntgen-Absorptionsmesung

Körperkompartiment	Männer (N = 50)		Frauen (N = 50)	
	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD
BMC (g) - Arm links	213,1	33,50	126,4	19,86
BMC (g) - Arm rechts	230,6	36,18	135,7	20,71
BMC (g) - Rumpf	622,8	131,50	458,7	75,32
BMC (g) - Bein links	525,2	91,50	362,6	57,27
BMC (g) - Bein rechts	509,5	78,13	350,9	55,33
BMC (g) - Gesamt	2628,4	345,08	1931,0	261,62
BMD (g/cm ²) - Arm links	0,8	0,07	0,6	0,05
BMD (g/cm ²) - Arm rechts	0,8	0,07	0,6	0,06
BMD (g/cm ²) - Bein links	1,2	0,11	1,0	0,11
BMD (g/cm ²) - Bein rechts	1,2	0,11	1,0	0,10
BMD (g/cm ²) - Gesamt	1,1	0,09	1,0	0,10
Fettmasse (g) - Arm links	1059,6	297,75	1471,0	439,01
Fettmasse (g) - Arm rechts	1128,4	343,50	1537,4	431,54
Fettmasse (g) - Rumpf	9158,3	3066,95	10759,7	4013,72
Fettmasse (g) - Bein links	2612,8	753,91	4206,9	1331,10
Fettmasse (g) - Bein rechts	2651,5	753,57	4351,4	1263,13
Fettmasse (g) - Gesamt	17665,2	4867,43	23277,3	6777,05
Muskelmasse (g) - Arm links	3559,6	513,66	2087,7	312,65
Muskelmasse (g) - Arm rechts	3820,4	487,57	2230,5	352,07
Muskelmasse (g) - Rumpf	30457,3	3175,05	22131,8	2304,98
Muskelmasse (g) - Bein links	9673,0	1140,83	6778,8	765,80
Muskelmasse (g) - Bein rechts	9568,9	1060,67	6854,4	862,35
Muskelmasse (g) - Gesamt	60685,4	5949,86	43132,8	4326,19
Magermasse [BMC + Muskel] (g) - Arm links	3752,7	540,41	2207,8	318,19
Magermasse [BMC + Muskel] (g) - Arm rechts	4051,0	507,01	2359,5	360,03
Magermasse [BMC + Muskel] (g) - Rumpf	31086,2	3231,00	22566,3	2302,08
Magermasse [BMC + Muskel] (g) - Bein links	10206,2	1181,77	7122,9	756,73
Magermasse [BMC + Muskel] (g) - Bein rechts	10078,4	1096,43	7184,8	861,89
Magermasse [BMC + Muskel] (g) - Gesamt	63313,8	6133,78	45566,8	6671,84
Fettmasse (%) - Arm links	21,8	4,58	39,3	6,55
Fettmasse (%) - Arm rechts	21,6	4,66	38,9	6,69
Fettmasse (%) - Rumpf	22,2	4,69	31,3	6,88
Fettmasse (%) - Bein links	20,2	4,58	36,8	6,45
Fettmasse (%) - Bein rechts	20,7	4,64	37,1	6,08
Fettmasse (%) - Gesamt	21,5	3,86	33,4	5,60

BMD = Knochendichte (Bone Mineral Density); BMC = Knochenmineralgehalt (Bone Mineral Content)

Um einen Zusammenhang zwischen der Muskelkraft und den Messwerten der Bioimpedanzanalyse sowie der gemessenen Muskelmasse herzustellen, wurde die maximale Handkraft erfasst. Diese liegt bei den Männern im Mittel rechts bei $85,8 \pm 20,65$ kPa und links bei $84,4 \pm 22,24$ kPa. Bei den Frauen liegt die maximale Handkraft im Mittel rechts bei $73,7 \pm 16,59$ kPa und links bei $70,4 \pm 13,00$ kPa.

3.3.2 Deskriptive Merkmale der Untergruppen

3.3.2.1 Probanden für die Validierung der sBIA gegen DXA

Die deskriptiven Merkmale der Probanden, die für einen Vergleich des monofrequenten segmentalen Bioimpedanzanalysators mit DXA untersucht wurden, sind in Tabelle 19 aufgeführt. Das mittlere Alter beträgt bei den Männern 68,8 Jahre und bei den Frauen 69,3 Jahre. Der mittlere BMI liegt bei den Männern und bei den Frauen bei 26,3 kg/m². Nach der Klassifizierung der WHO (2000) sind 30,0% der Männer normalgewichtig, 60,0% übergewichtig und 10,0% adipös. In der Gruppe der Frauen sind 37,5% normalgewichtig, 50,0% übergewichtig und 12,5% adipös.

Tabelle 19 Deskriptive Merkmale der Probanden für die Validierung der segmentalen Bioimpedanzanalyse gegen Doppelröntgen-Absorptionsmessung

Merkmal	Männer (N = 40)			Frauen (N = 32)		
	MW (±SD)	Min	Max	MW (±SD)	Min	Max
Alter (Jahre)	68,8 (±5,0)	60,0	83,0	69,3 (±4,7)	60,0	79,0
Körperhöhe (cm)	175,9 (±0,1)	161,0	189,0	162,2 (±0,1)	149,0	172,8
Körpergewicht (kg)	81,4 (±10,1)	62,0	102,5	69,3 (±10,2)	48,7	88,1
BMI (kg/m ²)	26,3 (±2,8)	21,8	33,9	26,3 (±3,6)	18,6	34,8
Direkte Armlänge rechts (cm)	80,0 (±3,4)	73,0	87,0	71,8 (±3,1)	66,0	77,7
Direkte Armlänge links (cm)	79,7 (±3,4)	73,0	86,6	71,7 (±3,0)	66,1	77,7
Beinlänge rechts (cm)	106,0 (±5,3)	91,5	94,2	97,8 (±4,0)	88,5	105,0
Beinlänge links (cm)	106,1 (±5,2)	94,2	116,0	98,0 (±4,0)	88,5	105,0
Sitzhöhe (cm)	91,0 (±3,6)	82,5	97,4	85,4 (±3,1)	77,5	92,6
Brustumfang (cm)	95,5 (±6,0)	84,8	105,5	82,6 (±8,0)	66,5	98,0
Taillenumfang (cm)	93,2 (±8,2)	78,5	109,0	84,2 (±9,7)	64,5	106,0
Bauchumfang (cm)	96,7 (±8,0)	83,5	114,5	91,7 (±11,0)	65,5	114,0
Hüftumfang (cm)	99,9 (±5,1)	90,9	113,0	101,2 (±9,9)	83,5	120,5
Fettmasse, ganzer Körper (kg) ^a	16,8 (±5,2)	6,1	31,2	23,4 (±7,1)	11,4	37,2
Muskelmasse, ganzer Körper (kg) ^a	56,9 (±5,8)	44,9	68,5	40,2 (±4,2)	31,6	47,3

BMI = Body Mass Index; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Min = Minimum; Max = Maximum^a gemessen mit Doppelröntgen-Absorptionsmessung

Die mittleren Längenmaße der Arme und Beine betragen bei den Männern 80,0 ± 3,4 cm für die direkte Armlänge rechts, 79,7 ± 3,4 cm für die direkte Armlänge links, 106,0 ± 5,3 cm für das rechte Bein und 106,1 ± 5,2 cm für das linke Bein. Die entsprechenden Maße der Frauen

betragen $71,8 \pm 3,1$ cm, $71,7 \pm 3,0$ cm $97,8 \pm 4,0$ cm und $98,0 \pm 4,0$ cm. Die mittlere Sitzhöhe liegt bei den Männern bei $91,0 \pm 3,6$ cm, während sie bei den Frauen $85,4 \pm 3,1$ cm beträgt.

Die Umfangsmaße des Rumpfes betragen für die Männer $95,5 \pm 6,0$ cm für den Brustumfang, $93,2 \pm 8,2$ cm für den Taillenumfang, $96,7 \pm 8,0$ cm für den Bauchumfang und $99,9 \pm 8,0$ cm für den Hüftumfang. Die entsprechenden Werte liegen bei den Frauen bei $82,6 \pm 8,0$ cm, $84,2 \pm 9,7$ cm, $91,7 \pm 11,0$ cm und $101,2 \pm 9,9$ cm.

Für den ganzen Körper beträgt die mittels DXA bestimmte Fettmasse $16,8 \pm 5,2$ kg bei den Männern und $23,4 \pm 7,1$ kg bei den Frauen. Die Muskelmasse des ganzen Körpers beträgt bei den Männern $56,9 \pm 5,8$ kg und bei den Frauen $40,2 \pm 4,2$ kg.

3.3.2.2 Probanden für den Vergleich unterschiedlicher Messtechniken der segmentalen MF-BIA

In den Vergleich unterschiedlicher Messtechniken wurden 68 Probanden (28 Männer, 40 Frauen) einbezogen. Das mittlere Alter der Probanden beträgt 68 Jahre. Der mittlere BMI liegt sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen bei 26 kg/m^2 . Eine Übersicht über die deskriptiven Merkmale der Probanden ist in Tabelle 20 dargestellt.

Tabelle 20 Ausgewählte Merkmale der Probanden, an denen unterschiedliche Messtechniken untersucht wurden.

Merkmal	Männer (N = 28)			Frauen (N = 40)		
	MW (\pm SD)	Min	Max	MW (\pm SD)	Min	Max
Alter (Jahre)	67,7 (\pm 5,2)	60,0	83,0	68,0 (\pm 5,3)	60,0	82,0
Körperhöhe (cm)	175,8 (\pm 7,0)	161,3	190,0	162,0 (\pm 5,5)	149,0	173,0
Körpergewicht (kg)	79,3 (\pm 9,9)	64,3	102,5	67,3 (\pm 10,4)	48,7	88,1
BMI (kg/m^2)	25,9 (\pm 2,7)	20,7	33,6	25,6 (\pm 3,6)	18,6	34,8
Sitzhöhe (cm)	89,8 (\pm 3,9)	83,1	99,8	84,5 (\pm 3,3)	77,5	92,6
Brustumfang (cm)	94,7 (\pm 5,7)	84,8	106,0	82,1 (\pm 7,8)	66,5	97,0
Taillenumfang (cm)	91,5 (\pm 7,6)	78,5	108,5	82,5 (\pm 9,3)	64,5	102,0
Bauchumfang (cm)	94,7 (\pm 7,7)	83,5	114,5	90,0 (\pm 10,5)	65,5	114,0
Hüftumfang (cm)	99,1 (\pm 5,0)	90,9	113,0	99,6 (\pm 9,6)	83,5	120,5

BMI = Body Mass Index; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Min = Minimum; Max = Maximum

Die mittlere Sitzhöhe liegt bei den Männern bei $89,8 \pm 3,9$ cm, während sie bei den Frauen bei $84,5 \pm 3,3$ cm liegt. Die Umfangsmaße für Brust, Taille, Bauch und Hüfte liegen bei den Männern bei $94,7 \pm 5,7$ cm, $91,5 \pm 7,6$ cm, $94,7 \pm 7,7$ cm bzw. $99,1 \pm 5,0$ cm. Die entsprechenden Werte liegen bei den Frauen bei $82,1 \pm 7,8$ cm, $82,5 \pm 9,3$ cm, $90,0 \pm 10,5$ cm bzw. $99,6 \pm 9,6$ cm.

3.3.2.3 Probanden für die Ermittlung des Einflusses der Steh- und Liegedauer auf die segmentale MF-BIA

Es wurden insgesamt 46 Probanden (28 Männer, 18 Frauen) in die Teiluntersuchung eingeschlossen. Eine Übersicht über die deskriptiven Merkmale ist in Tabelle 21 gegeben. Die Männer sind mit einem mittleren Alter von 68 Jahren drei Jahre jünger als die Frauen mit einem mittleren Alter von 71 Jahren. Der mittlere Ruhepuls im Sitzen gemessen liegt bei den Männern im Mittel mit 62 bpm 8 bpm niedriger als der Ruhepuls der Frauen mit 70 bpm. Der systolische Druck und der diastolische Druck liegt bei den Männern mit 139 mmHg bzw. 89 mmHg im Mittel 8 mmHg höher als bei den Frauen, deren mittlerer systolischer und diastolischer Druck bei 131 mmHg bzw. 81 mmHg liegt.

Tabelle 21 Deskriptive Merkmale der Probanden, an denen der Einfluss der Steh- und Liegedauer auf die direkten Messwerte ermittelt wurde

Merkmal	Männer (N = 28)			Frauen (N = 18)		
	MW (±SD)	Min	Max	MW (±SD)	Min	Max
Alter (Jahre)	68,1 (±4,7)	60,0	77,0	70,6 (±4,9)	62,0	80,0
Körperhöhe (cm)	176,0 (±6,3)	161,0	187,8	162,0 (±5,0)	155,6	171,0
Körpergewicht (kg)	83,3 (±9,6)	62,0	102,5	67,6 (±7,8)	56,3	83,5
BMI (kg/m ²)	26,9 (±2,7)	21,8	33,9	25,7 (±1,9)	22,3	28,8
Sitzhöhe (cm)	91,3 (±3,6)	82,5	99,8	84,1 (±2,9)	78,0	88,8
Brustumfang (cm)	96,8 (±5,4)	86,0	106,0	84,2 (±3,8)	74,5	91,0
Taillenumfang (cm)	94,7 (±7,8)	80,0	109,0	84,4 (±6,7)	73,0	97,5
Bauchumfang (cm)	98,5 (±8,7)	83,5	114,5	90,9 (±7,3)	80,0	104,0
Hüftumfang (cm)	101,1 (±5,5)	91,6	113,0	101,0 (±6,6)	90,5	116,0
Ruhepuls (bpm)	61,7 (±10,0)	38,0	79,0	69,6 (±11,4)	56,0	92,0
Systole (mmHg)	139,3 (±15,7)	98,0	170,0	131,1 (±11,7)	107,0	160,0
Diastole (mmHg)	88,7 (±10,1)	69,0	111,0	81,3 (±8,5)	66,0	98,0

BMI = Body Mass Index; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Min = Minimum; Max = Maximum; bpm = Schläge pro Minute (beats per minute)

Die mittlere Sitzhöhe beträgt bei den Männern $91,3 \pm 3,6$ cm während sie bei den Frauen im Mittel bei $84,1 \pm 2,9$ cm liegt. Brust-, Taillen, Bauch- und Hüftumfang liegen bei den Männern im Mittel bei $96,8 \pm 5,4$ cm, $94,7 \pm 7,8$ cm, $98,5 \pm 8,7$ cm bzw. $101,1 \pm 5,5$ cm. Die entsprechenden Werte liegen bei den Frauen bei $84,2 \pm 3,8$ cm, $84,4 \pm 6,7$ cm, $90,9 \pm 7,3$ cm bzw. $101,0 \pm 6,6$ cm.

3.3.3 Probanden für den Vergleich verschiedener Elektrodenplatzierungen im Hüftbereich für die direkten Messwerte des Beines der segmentalen MF-BIA (jüngeres Probandenkollektiv)

Die deskriptiven Merkmale der Probandinnen, die an den Untersuchungen zum Einfluss der Platzierung der Sensorelektrode für die Impedanzmessungen im Bein teilgenommen hatten, sind in Tabelle 22 zusammengefasst. Es handelt sich um junge Probandinnen im Alter von 21 bis 25 Jahren. Nach der Klassifikation der WHO (2000) waren 90% normalgewichtig (BMI 18,50 – 24,99 kg/m²) und 10% übergewichtig (BMI 25,00 – 29,99 kg/m²). Es gab keine adipösen Probandinnen (BMI ≥ 30 kg/m²).

Tabelle 22 Deskriptive Merkmale der Probandinnen (N = 20), die an der Untersuchung zum Einfluss der Elektrodenplatzierung an der Hüfte auf die Impedanz des Beines teilgenommen hatten

Merkmals	MW (±SD)	Minimum	Maximum
Alter (Jahre)	22,7 (±1,39)	21	25
Körpergewicht (kg)	65,5 (±6,52)	55,2	81,6
Körperhöhe (cm)	170,2 (±5,24)	159,5	180,5
BMI (kg/m ²)	22,6 (±2,14)	18,6	27,4
Beinlänge (cm)	99,9 (±3,78)	93,2	108,1
Sitzhöhe (cm)	70,3 (±2,86)	62,1	74,5
Taillenumfang (cm)	71,5 (±4,50)	64,4	82,3
Hüftumfang (cm)	101,4 (±5,96)	93,1	115,5
Oberschenkelumfang (cm)	59,8 (±3,39)	52,2	65,5
Wadenumfang (cm)	36,2 (±1,66)	33,6	40,5
Körperwasser, ganzer Körper (L)	33,6 (±1,83)	30,6	38,3
Fettfreie Masse, ganzer Körper (kg)	45,9 (±2,48)	41,9	52,3
Fettmasse, ganzer Körper (kg)	19,5 (5,03)	12,3	31,2

BMI = Body Mass Index; SD = Standardabweichung; N = Probandenanzahl

Die mittlere Beinlänge der Probandinnen beträgt 99,9 ± 3,78 cm und die mittlere Sitzhöhe liegt bei 70,3 ± 2,86 cm. Die Umfangswerte von Taille, Hüfte, Wade und Oberschenkel liegen bei 71,5 ± 4,5 cm, 101,4 ± 5,96 cm, 59,8 ± 3,39 cm bzw. 36,2 ± 1,66 cm. Die mittels BIA bestimmten Körperkompartimente Ganzkörperwasser, fettfreie Masse und Fettmasse liegen im Mittel bei 33,6 ± 1,83 L, 45,9 ± 2,48 kg bzw. 19,5 ± 5,03 kg.

3.4 Reliabilität der segmentalen Bioimpedanzanalyse

3.4.1 Segmentaler monofrequenter Bioimpedanzanalysator

Die Reliabilität der segmentalen Muskel- und Fettmasse mittels segmentaler BIA (BC-418 MA, Tanita) wurde anhand von zwei Messungen, die an zwei aufeinander folgenden Tagen stattfanden, getestet. Die Analyse erfolgte getrennt nach Männern (N = 10) und Frauen (N = 9). Mittelwerte der ersten und zweiten Messung für Muskelmasse und Fettmasse sind für die einzelnen Segmente separat für Männer und Frauen in Tabelle 23 dargestellt.

Tabelle 23 Mittelwerte der ersten und zweiten Messung mit Standardabweichung für Muskel- und Fettmasse in den einzelnen Segmenten

Messwert	Mittelwert Männer (N = 10)		Mittelwert Frauen (N = 9)	
	1. Messung MW (\pm SD)	2. Messung MW (\pm SD)	1. Messung MW (\pm SD)	2. Messung MW (\pm SD)
Muskelmasse rechter Arm (kg)	3,4 (\pm 0,4)	3,4 (\pm 0,5)	2,1 (\pm 0,3)	2,0 (\pm 0,2)
Muskelmasse linker Arm (kg)	3,4 (\pm 0,5)	3,4 (\pm 0,5)	2,1 (\pm 0,3)	2,1 (\pm 0,3)
Muskelmasse rechtes Bein (kg)	9,4 (\pm 0,7)	9,5 (\pm 0,7)	6,6 (\pm 0,6)	6,7 (\pm 0,6)
Muskelmasse linkes Bein (kg)	9,4 (\pm 0,7)	9,5 (\pm 0,7)	6,5 (\pm 0,6)	6,5 (\pm 0,6)
Muskelmasse Rumpf (kg)	32,2 (\pm 3,1)	34,1 (\pm 3,3)	23,0 (\pm 2,1)	23,3 (\pm 1,9)
Fettmasse rechter Arm (kg)	0,9 (\pm 0,2)	0,9 (\pm 0,2)	1,0 (\pm 0,3)	1,1 (\pm 0,3)
Fettmasse linker Arm (kg)	1,0 (\pm 0,3)	1,0 (\pm 0,3)	1,1 (\pm 0,3)	1,1 (\pm 0,4)
Fettmasse rechtes Bein (kg)	3,0 (\pm 0,9)	3,0 (\pm 0,7)	4,6 (\pm 0,8)	4,6 (\pm 0,9)
Fettmasse linkes Bein (kg)	2,8 (\pm 0,8)	2,8 (\pm 0,8 kg)	4,6 (\pm 0,9)	4,6 (\pm 0,8)
Fettmasse Rumpf (kg)	12,9 (\pm 3,4)	13,1 (\pm 3,7)	12,0 (\pm 3,2)	11,8 (\pm 3,4)

N = Anzahl der Probanden; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung;

Bei Männern und Frauen unterscheiden sich erste und zweite Messung der Muskel- und Fettmasse nicht signifikant (Tabelle 24). Ausnahme ist die Muskelmasse des rechten Beines von Frauen (P=0,035).

Tabelle 24 Test auf Reliabilität mittels t-Test für gepaarte Stichproben der abgeleiteten Werte Muskelmasse und Fettmasse (Tanita) für die einzelnen Segmente

Verglichene Messwerte	Männer (N = 10)		Frauen (N = 9)	
	t	P	t	P
MM Bein rechts (kg) – WH MM Bein rechts	0,429	0,678	0,555	0,594
MM Bein links (kg) – WH MM Bein links (kg)	-0,287	0,780	-0,555	0,594
MM Arm rechts (kg) – WH MM Arm rechts (kg)	0,000	1,000	-0,555	0,594
MM Arm links (kg) – WH MM Arm links (kg)	-1,964	0,081	-0,800	0,447
MM Rumpf (kg) – WH MM Rumpf (kg)	-0,395	0,702	0,916	0,386
FM Körper (kg) – WH FM Körper (kg)	-0,227	0,826	0,693	0,508
FM Bein rechts (kg) – WH FM Bein rechts (kg)	-1,500	0,168	-2,800	0,023
FM Bein links (kg) – WH FM Bein links (kg)	-0,709	0,496	-0,816	0,438
FM Arm rechts (kg) – WH FM Arm rechts (kg)	-0,318	0,758	1,414	0,195
FM Arm links (kg) – WH FM Arm links (kg)	0,000	1,000	0,000	1,000
FM Rumpf (kg) – WH FM Rumpf (kg)	-0,996	0,345	-1,076	0,313

MM = Muskelmasse; FM = Fettmasse; WH = Wiederholung; N = Anzahl der Probanden;

Erste und zweite Messung korrelieren in allen gemessenen Segmenten sowohl für die Muskelmasse als auch für die Fettmasse bei Männern und Frauen signifikant miteinander. Korrelationskoeffizienten nach Spearman sind für die Muskel- und Fettmasse für Arme, Beine, Rumpf und den ganzen Körper in Tabelle 25 dargestellt.

Tabelle 25 Korrelationenkoeffizienten nach Spearman für die erste Messung und die Wiederholungsmessung von Muskelmasse und Fettmasse des ganzen Körpers, der Arme, der Beine und des Rumpfes

Korrelierte Messwerte	Männer (N = 10)		Frauen (N = 9)	
	r	P	r	P
MM Bein rechts (kg) – WH MM Bein rechts	0,985	< 0,001	0,996	< 0,001
MM Bein links (kg) – WH MM Bein links (kg)	0,951	< 0,001	0,992	< 0,001
MM Arm rechts (kg) – WH MM Arm rechts (kg)	0,997	< 0,001	0,891	< 0,001
MM Arm links (kg) – WH MM Arm links (kg)	0,985	< 0,001	0,957	< 0,001
MM Rumpf (kg) – WH MM Rumpf (kg)	0,976	< 0,001	0,861	0,003
FM ganzer Körper (kg) – WH FM ganzer Körper (kg)	0,939	< 0,001	1,000	< 0,001
FM Bein rechts (kg) – WH FM Bein rechts (kg)	0,994	< 0,001	0,983	< 0,001
FM Bein links (kg) – WH FM Bein links (kg)	0,960	< 0,001	0,987	< 0,001
FM Arm rechts (kg) – WH FM Arm rechts (kg)	0,994	< 0,001	0,957	< 0,001
FM Arm links (kg) – WH FM Arm links (kg)	0,963	< 0,001	0,966	< 0,001
FM Rumpf (kg) – WH FM Rumpf (kg)	0,952	< 0,001	0,950	< 0,001

MM = Muskelmasse; FM = Fettmasse; WH = Wiederholung

3.4.2 Segmentaler Mehrfrequenz-Bioimpedanzanalysator

Die Messungen für den Test auf Reliabilität mittels segmentalem Mehrfrequenz-Bioimpedanzanalysator (Nutriguard-M + Schaltgerät, Data Input) erfolgten an zwei aufeinander folgenden Tagen. Die mittleren Werte für erste und zweite Messung sind in Tabelle 26 dargestellt. Die statistische Auswertung erfolgte getrennt nach Männern ($N = 51$) und Frauen ($N = 43$) mittels t-Test für gepaarte Stichproben bei normalverteilten Daten bzw. mittels Wilcoxon Test bei nicht normalverteilten Daten (Tabelle 27).

Erste und zweite Messung unterscheiden sich bis auf einige Ausnahmen signifikant voneinander ($P < 0,05$). Diese Ausnahmen sind sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen die Resistanz des ganzen Körpers bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz. Bei den Männern unterscheiden sich weiterhin nicht signifikant die Resistanz des rechten Armes bei 5 kHz, die Resistanz des linken Armes bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz, die Reaktanz und der Phasenwinkel des linken Armes bei 5 kHz und 50 kHz sowie die Resistanz des rechten Beines bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz und die Reaktanz im rechten Bein bei 100 kHz. Die weiteren Ausnahmen bei den Frauen sind die Reaktanz des linken Armes bei 50 kHz und 100 kHz, der Phasenwinkel des linken Armes bei 100 kHz, die Resistanz und die Reaktanz des rechten Beines bei 50 kHz und 100 kHz sowie der Phasenwinkel des linken Beines bei 100 kHz.

Die mittleren Werte der Reaktanz und des Phasenwinkels bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz sind sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen für den ganzen Körper und den rechten Arm bei der zweiten Messung signifikant größer gegenüber der ersten Messung. Das Gleiche trifft bei den Männern auch auf die Reaktanz und den Phasenwinkel des linken Armes bei 100 kHz zu, auf die Reaktanz des rechten Beines bei 5 kHz und 100 kHz, den Phasenwinkel des rechten Beines bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz und die Resistanz, die Reaktanz und den Phasenwinkel des linken Beines bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz. Bei den Frauen sind die Reaktanz bei 5 kHz und der Phasenwinkel bei 5 kHz und 50 kHz des linken Armes, die Reaktanz bei 5 kHz und der Phasenwinkel bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz des rechten Beines und die Resistanz und die Reaktanz bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz sowie der Phasenwinkel bei 5 kHz und 50 kHz des linken Beines in der zweiten Messung signifikant größer gegenüber der ersten Messung. Ausschließlich Resistanzwerte von rechtem Arm der Männer bei 50 kHz und 100 kHz und Frauen bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz, dem linken Arm der Frauen bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz und dem rechten Bein der Frauen bei 5 kHz sind in der zweiten Messung signifikant kleiner gegenüber der ersten Messung.

Tabelle 26 Mittelwerte der ersten und zweiten Messung mit Standardabweichung für direkte Messwerte in den einzelnen Segmenten

Körpersegment	direkter Messwert	f (kHz)	Männer (N = 51)		Frauen (N = 43)	
			1. Messung MW (\pm SD)	2. Messung (\pm SD)	1. Messung (\pm SD)	2. Messung (\pm SD)
Körper	R (Ω)	5	530,84 (\pm 49,41)	536,63 (\pm 48,20)	633,84 (\pm 54,90)	637,84 (\pm 51,80)
		50	462,22 (\pm 58,82)	468,51 (\pm 44,80)	570,07 (\pm 50,76)	568,12 (\pm 48,25)
		100	443,63 (\pm 44,79)	445,18 (\pm 44,23)	542,56 (\pm 48,56)	539,79 (\pm 46,78)
	Xc (Ω)	5	24,86 (\pm 6,91)	26,65 (\pm 5,16)	28,33 (\pm 3,75)	31,88 (\pm 4,89)
		50	50,73 (\pm 7,42)	53,00 (\pm 6,99)	57,37 (\pm 6,79)	60,26 (\pm 5,79)
		100	49,35 (\pm 5,38)	51,78 (\pm 5,76)	58,53 (\pm 7,37)	61,35 (\pm 6,38)
	φ ($^\circ$)	5	2,68 (\pm 0,69)	2,83 (\pm 0,46)	2,57 (\pm 0,33)	2,88 (\pm 0,53)
		50	6,27 (\pm 0,67)	6,55 (\pm 0,66)	5,77 (\pm 0,46)	6,07 (\pm 0,44)
		100	6,37 (\pm 0,53)	6,68 (\pm 0,57)	6,18 (\pm 0,47)	6,51 (\pm 0,40)
Arm rechts	R (Ω)	5	265,9 (\pm 29,02)	264,43 (\pm 27,45)	333,91 (\pm 30,69)	329,70 (\pm 30,63)
		50	233,84 (\pm 27,79)	230,78 (\pm 26,45)	301,42 (\pm 29,04)	294,37 (\pm 30,66)
		100	221,75 (\pm 27,14)	218,10 (\pm 25,92)	287,93 (\pm 28,10)	282,09 (\pm 28,18)
	Xc (Ω)	5	14,49 (\pm 3,23)	15,82 (\pm 4,75)	15,19 (\pm 2,39)	16,65 (\pm 3,71)
		50	23,78 (\pm 2,51)	24,37 (\pm 2,65)	26,42 (\pm 3,20)	27,21 (\pm 2,78)
		100	20,69 (\pm 2,21)	22,45 (\pm 7,25)	24,79 (\pm 3,52)	25,72 (\pm 3,07)
	φ ($^\circ$)	5	3,13 (\pm 0,69)	3,46 (\pm 1,15)	2,62 (\pm 0,38)	2,91 (\pm 0,70)
		50	5,84 (\pm 0,62)	6,08 (\pm 0,70)	5,02 (\pm 0,45)	5,26 (\pm 0,45)
		100	5,35 (\pm 0,48)	5,65 (\pm 0,55)	4,92 (\pm 0,47)	5,22 (\pm 0,42)
Arm links	R (Ω)	5	272,29 (\pm 27,82)	271,24 (\pm 28,36)	343,30 (\pm 29,70)	336,00 (\pm 32,99)
		50	239,92 (\pm 27,31)	237,35 (\pm 27,53)	311,84 (\pm 29,33)	298,93 (\pm 37,50)
		100	227,76 (\pm 26,72)	225,49 (\pm 27,02)	297,49 (\pm 27,51)	287,21 (\pm 32,84)
	Xc (Ω)	5	15,31 (\pm 3,28)	15,39 (\pm 3,57)	15,21 (\pm 2,56)	16,93 (\pm 3,80)
		50	24,00 (\pm 2,24)	24,53 (\pm 3,75)	26,44 (\pm 3,64)	27,60 (\pm 5,31)
		100	20,86 (\pm 2,08)	21,41 (\pm 2,43)	25,65 (\pm 3,50)	26,40 (\pm 5,31)
	φ ($^\circ$)	5	3,23 (\pm 0,71)	3,33 (\pm 0,75)	2,55 (\pm 0,38)	2,90 (\pm 0,69)
		50	5,74 (\pm 0,63)	5,96 (\pm 0,93)	4,88 (\pm 0,57)	5,31 (\pm 1,29)
		100	5,25 (\pm 0,46)	5,45 (\pm 0,51)	4,98 (\pm 0,63)	5,38 (\pm 1,50)
Bein rechts	R (Ω)	5	254,24 (\pm 62,09)	247,78 (\pm 27,18)	294,91 (\pm 96,36)	282,51 (\pm 26,52)
		50	224,75 (\pm 55,69)	216,61 (\pm 23,69)	254,23 (\pm 54,13)	248,81 (\pm 23,60)
		100	215,41 (\pm 55,45)	205,12 (\pm 22,89)	241,79 (\pm 51,98)	236,19 (\pm 22,58)
	Xc (Ω)	5	11,49 (\pm 4,02)	12,00 (\pm 2,32)	12,63 (\pm 5,73)	13,44 (\pm 2,29)
		50	24,96 (\pm 6,22)	25,16 (\pm 3,86)	27,26 (\pm 5,62)	27,86 (\pm 3,73)
		100	29,16 (\pm 23,89)	24,55 (\pm 3,60)	27,74 (\pm 5,90)	28,05 (\pm 3,85)
	φ ($^\circ$)	5	2,53 (\pm 0,49)	2,77 (\pm 0,42)	2,42 (\pm 0,41)	2,75 (\pm 0,47)
		50	6,35 (\pm 0,79)	6,64 (\pm 0,81)	6,13 (\pm 0,64)	6,41 (\pm 0,63)
		100	6,58 (\pm 0,70)	6,77 (\pm 0,77)	6,56 (\pm 0,59)	6,77 (\pm 0,59)
Bein links	R (Ω)	5	240,47 (\pm 25,00)	251,53 (\pm 31,12)	273,93 (\pm 26,85)	286,88 (\pm 28,63)
		50	212,24 (\pm 22,65)	217,84 (\pm 23,69)	244,37 (\pm 23,37)	252,65 (\pm 24,88)
		100	201,43 (\pm 22,06)	206,25 (\pm 22,95)	232,40 (\pm 22,12)	240,19 (\pm 23,85)
	Xc (Ω)	5	10,55 (\pm 2,20)	12,25 (\pm 2,51)	11,44 (\pm 1,89)	13,72 (\pm 2,84)
		50	23,82 (\pm 3,75)	25,53 (\pm 4,04)	26,26 (\pm 4,15)	28,44 (\pm 4,06)
		100	23,37 (\pm 3,56)	25,00 (\pm 3,66)	26,95 (\pm 4,11)	28,70 (\pm 3,93)
	φ ($^\circ$)	5	2,53 (\pm 0,49)	2,81 (\pm 0,44)	2,38 (\pm 0,35)	2,75 (\pm 0,45)
		50	6,40 (\pm 0,91)	6,74 (\pm 0,87)	6,15 (\pm 0,65)	6,40 (\pm 0,68)
		100	6,63 (\pm 0,80)	6,91 (\pm 0,77)	6,61 (\pm 0,61)	6,81 (\pm 0,69)

R = Resistanz, Xc = Reaktanz, φ = Phasenwinkel, f = Frequenz; N = Anzahl der Probanden; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung

Tabelle 27 Test auf Reliabilität der direkten Messwerte Resistanz, Reaktanz und Phasenwinkel, die mittels Bioimpedanzanalysator von Data Input erfasst wurden, des ganzen Körpers, der Arme und der Beine für normalverteilte Daten mittels t-Test nach Student für gepaarte Stichproben bzw. für nicht normalverteilte Daten mittels Wilcoxon-Test

Körpersegment	direkter Messwert	f (kHz)	Männer (N = 51)				Frauen (N = 43)			
			t-Test		Wilcoxon-Test		t-Test		Wilcoxon-Test	
			t	P	Z	P	t	P	Z	P
Körper	R (Ω)	5	-1,949	0,057			-1,211	0,233		
		50	-0,964	0,340			0,622	0,537		
		100	-0,532	0,597			0,911	0,367		
	Xc (Ω)	5	-2,728	0,009			-5,602	< 0,001		
		50	-2,531	0,015			-4,691	< 0,001		
		100	-5,734	< 0,001			-5,097	< 0,001		
	φ ($^{\circ}$)	5	-2,235	0,030			-5,158	< 0,001		
		50	-9,838	< 0,001			-6,611	< 0,001		
		100	-8,579	< 0,001			-6,428	< 0,001		
Arm rechts	R (Ω)	5	0,932	0,356			2,595	0,013		
		50	2,061	0,044			3,362	0,002		
		100	2,640	0,011			3,476	0,001		
	Xc (Ω)	5			-2,487	0,013	-2,993	0,005		
		50	-2,423	0,019			-2,770	0,008		
		100			-2,928	0,003	-2,908	0,006		
	φ ($^{\circ}$)	5	-2,230	0,030			-3,178	0,003		
		50	-5,512	< 0,001			-4,296	< 0,001		
		100	-6,565	< 0,001			-4,996	< 0,001		
Arm links	R (Ω)	5	0,580	0,564			3,070	0,004		
		50	1,582	0,120			3,380	0,002		
		100	1,543	0,129			3,665	0,001		
	Xc (Ω)	5	-0,182	0,856			-2,740	0,009		
		50	-1,096	0,278			-1,415	0,164		
		100	-2,174	0,034			-0,970	0,337		
	φ ($^{\circ}$)	5	-1,527	0,133			-3,422	0,001		
		50	-1,939	0,058					-3,013	0,003
		100	-4,846	< 0,001					-1,879	0,060
Bein rechts	R (Ω)	5			-1,741	0,082			-2,016	0,044
		50			-0,544	0,586			-0,817	0,414
		100			-0,154	0,877			-0,688	0,491
	Xc (Ω)	5			-2,502	0,012			-3,321	0,001
		50			-3,066	0,002	-0,757	0,453		
		100			-1,697	0,090	-0,372	0,712		
	φ ($^{\circ}$)	5	-4,730	< 0,001			-4,088	< 0,001		
		50	-6,553	< 0,001			-5,241	< 0,001		
		100	-2,487	0,016			-4,203	< 0,001		
Bein links	R (Ω)	5	-4,247	< 0,001			-4,219	< 0,001		
		50	-3,919	< 0,001			-2,804	0,008		
		100	-3,558	0,001			-2,756	0,009		
	Xc (Ω)	5	-6,410	< 0,001			-5,642	< 0,001		
		50	-6,410	< 0,001			-5,691	< 0,001		
		100	-5,812	< 0,001			-4,351	< 0,001		
	φ ($^{\circ}$)	5	-5,395	< 0,001			-4,831	< 0,001		
		50	-4,760	< 0,001			-2,811	0,007		
		100	-5,074	< 0,001			-1,977	0,055		

R = Resistanz, Xc = Reaktanz, φ = Phasenwinkel, N = Anzahl der Probanden

3.5 Vergleich zwischen Männern und Frauen hinsichtlich Anthropometrie, Aktivität, Muskelspannung, Handkraft, Widerstandswerten und abgeleiteten Kompartimenten

Anthropometrie

Die anthropometrischen Merkmale unterscheiden sich im Gewicht sowie in den Längen-, Breiten- und Höhenmaßen signifikant zwischen Männern und Frauen (siehe Tabelle 28). Bei den Männern sind diese größer ausgeprägt als bei den Frauen. Auch die meisten Umfangsmaße sind bei den Männern signifikant größer als bei den Frauen.

Tabelle 28 Vergleich von Männern (N = 52) und Frauen (N = 50) mittels t-Test für unverbundene Stichproben hinsichtlich anthropometrischer Merkmale

Merkmal	Mittelwert (±SD)		Levene-Test auf Varianzgleichheit		t-Test	
	Männer (N=52)	Frauen (N=50)	F	P	t	P
Körpergewicht (kg)	81,3 (± 9,69)	68,3 (± 10,02)	0,325	0,570	6,706	< 0,001
Körperhöhe (cm)	176,0 (± 6,62)	162,1 (± 5,23)	1,751	0,189	11,737	< 0,001
BMI (kg/m²)	26,2 (± 2,70)	25,9 (± 3,40)	3,148	0,079	0,492	0,623
Schulterhöhe rechts (cm)	147,4 (± 6,17)	134,5 (± 4,65)	2,422	0,123	11,895	< 0,001
Schulterhöhe links (cm)	147,5 (± 6,28)	134,6 (± 4,77)	2,908	0,091	11,662	< 0,001
Beinlänge rechts (cm)	106,1 (± 5,51)	98,0 (± 3,93)	3,231	0,075	8,545	< 0,001
Beinlänge links (cm)	106,1 (± 5,42)	98,2 (± 3,99)	2,993	0,087	8,404	< 0,001
Direkte Armlänge rechts (cm)	80,1 (± 3,60)	71,9 (± 3,24)	0,051	0,822	12,007	< 0,001
Direkte Armlänge links (cm)	79,8 (± 3,44)	71,8 (± 3,10)	0,347	0,557	12,355	< 0,001
Sitzhöhe (cm)	90,7 (± 3,66)	84,8 (± 3,15)	1,653	0,201	8,822	< 0,001
Brustumfang (cm)	95,7 (± 5,66)	82,9 (± 7,41)	1,286	0,260	9,893	< 0,001
Taillenumfang (cm)	93,1 (± 7,88)	83,5 (± 9,28)	0,662	0,418	5,642	< 0,001
Bauchumfang (cm)	96,4 (± 7,76)	90,8 (± 9,94)	2,308	0,132	3,196	0,002
Hüftumfang (cm)	100,0 (± 5,11)	100,5 (± 9,12)	12,056	0,001	-0,333	0,740
Midarmumfang rechts (cm)	29,5 (± 2,23)	28,3 (± 2,44)	0,261	0,611	2,650	0,009
Midarmumfang links (cm)	29,2 (± 2,20)	28,0 (± 2,73)	1,462	0,229	2,489	0,014
Größter Unterarmumfang rechts (cm)	27,7 (± 1,53)	25,0 (± 1,86)	1,575	0,212	8,188	< 0,001
Größter Unterarmumfang links (cm)	26,8 (± 1,49)	24,2 (± 1,81)	1,852	0,177	7,896	< 0,001
Größter Oberschenkelumfang rechts (cm)	50,9 (± 3,11)	54,7 (± 4,27)	3,255	0,074	-5,116	< 0,001
Größter Oberschenkelumfang links (cm)	50,2 (± 3,27)	53,7 (± 4,60)	3,050	0,084	-4,487	< 0,001
Größter Wadenumfang rechts (cm)	36,2 (± 2,47)	35,3 (± 2,84)	1,063	0,305	1,876	0,064
Größter Wadenumfang links (cm)	36,4 (± 2,53)	35,9 (± 2,58)	0,534	0,466	0,936	0,351
Ellenbogenbreite rechts (cm)	8,7 (± 0,72)	7,8 (± 0,68)	0,005	0,943	6,346	< 0,001
Ellenbogenbreite links (cm)	8,6 (± 0,73)	7,7 (± 0,70)	0,032	0,859	6,089	< 0,001
Radioulnarbreite rechts (cm)	6,1 (± 0,48)	5,3 (± 0,55)	1,107	0,295	7,353	< 0,001
Radioulnarbreite links (cm)	6,0 (± 0,40)	5,4 (± 0,50)	2,067	0,154	7,266	< 0,001
Epikondylenbreite Femur rechts (cm)	10,9 (± 0,50)	10,6 (± 0,86)	10,958	0,001	2,483	0,015
Epikondylenbreite Femur links (cm)	10,9 (± 0,55)	10,5 (± 0,76)	4,466	0,037	3,222	0,002
Bimalleolarbreite rechts (cm)	7,5 (± 0,57)	6,7 (± 0,58)	0,178	0,674	6,940	< 0,001
Bimalleolarbreite links (cm)	7,3 (± 0,49)	6,6 (± 0,44)	0,297	0,587	7,821	< 0,001

N = Probandenanzahl; SD = Standardabweichung

Ausnahmen sind der Hüftumfang ($P = 0,623$) sowie der größte Wadenumfang rechts ($P = 0,064$) und links ($P = 0,351$), die sich nicht signifikant zwischen Männern und Frauen unterscheiden. Ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen Männern und Frauen gibt es hinsichtlich des Body Mass Index ($P = 0,623$).

Körperliche Aktivität

Die körperliche Aktivität, gemessen mittels Freiburger Fragebogen, unterscheidet sich zwischen Männern und Frauen nicht signifikant (Tabelle 29).

Tabelle 29 Vergleich von Männern und Frauen mittels Man-Whitney-u-Test hinsichtlich der körperlichen Aktivität (Freiburger Fragebogen)

Fragebogen	Mittelwert (\pm SD)		Man-Whitney-u-Test	
	Männer (N = 51)	Frauen (N = 48)	u	P
Freiburger Fragebogen (MET)	71,8 (\pm 67,8)	61,3 (\pm 39,6)	-0,546	0,585

SD = Standardabweichung; N = Probandenanzahl

Allerdings unterscheidet sich die körperliche Aktivität gemessen mittels Fragebogen nach Vorrips et al. (1992) signifikant zwischen Männern und Frauen (Tabelle 30). Der Aktivitätsgrad ist bei den Männern im Vergleich zu den Frauen signifikant größer.

Tabelle 30 Vergleich von Männern und Frauen mittels T-Test für unverbundene Stichproben hinsichtlich der körperlichen Aktivität (Voorrips et al. 1992)

Fragebogen	Mittelwert (\pm SD)		Levene-Test auf Varianzgleichheit		t-Test	
	Männer (N = 52)	Frauen (N = 50)	F	P	t	P
Fragebogen zur körperlichen Aktivität (Punkte)	16,91 (\pm 1,23)	12,71 (\pm 1,05)	1,598	0,209	2,585	0,11

SD = Standardabweichung; N = Probandenanzahl

Muskelspannung

Die im Unterschenkel gemessene Muskelspannung unterscheidet sich weder im Liegen noch im Stehen signifikant zwischen Männern und Frauen in allen gemessenen Parametern (Tabelle 31).

Tabelle 31 Vergleich von Männern und Frauen mittels Man-Whitney-u-Test hinsichtlich der Muskelspannungen des rechten Unterschenkels im Liegen und im Stehen

Körperposition	EMG-Variable	Mittelwert (\pm SD)		Man-Whitney-u-Test	
		Männer (N= 52)	Frauen (N = 50)	u	P
Liegend	Ruhtonus Max (mV)	0,01250 (\pm 0,01942)	0,01854 (\pm 0,05347)	-0,572	0,567
	Ruhtonus Mittel (mV)	0,00851 (\pm 0,01763)	0,01487 (\pm 0,04927)	-0,549	0,583
	Ruhtonus Integral (mV)	0,17493 (\pm 0,35416)	0,29814 (\pm 0,98576)	-0,716	0,474
Stehend	Ruhtonus Max (mV)	0,05667 (\pm 0,08134)	0,04445 (\pm 0,07207)	-1,158	0,247
	Ruhtonus Mittel (mV)	0,02681 (\pm 0,03774)	0,02331 (\pm 0,03343)	-1,168	0,243
	Ruhtonus Integral (mV)	0,44252 (\pm 0,50820)	0,46426 (\pm 0,67121)	-0,994	0,320

Max = maximale Muskelspannung, Mittel = Mittlere Muskelspannung

Handkraft

Die mittels Vigorimetrie bestimmte Handkraft unterscheidet sich zwischen Männern und Frauen signifikant. Männer haben sowohl in der rechten, als auch in der linken Hand im Mittel signifikant mehr Kraft als Frauen (Tabelle 32).

Tabelle 32 Vergleich von Männern und Frauen mittels t-Test hinsichtlich der maximalen Handkraft

Kraft	Mittelwert (\pm SD)		Levene-Test auf Varianzgleichheit		t-Test	
	Männer (N= 52)	Frauen (N = 50)	F	P	t	P
Handkraft max rechts (kPa)	85,77 (\pm 20,65)	73,68 (\pm 16,59)	1,119	0,293	3,252	0,002
Handkraft max links (kPa)	84,39 (\pm 22,24)	70,44 (\pm 12,98)	8,510	0,004	3,860	< 0,001

Handkraft max = maximale Handkraft; SD = Standardabweichung

Widerstandswerte

Alle Resistanzwerte für 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz sind in den Armen, Beinen und dem Rumpf bei Frauen signifikant höher als bei Männern (jedes P < 0,001). Dies gilt sowohl für die Messungen mit dem Gerät von Data Input (Tabellen 33, 34) als auch für die Messungen mit dem Gerät von Tanita (Tabelle 35).

Tabelle 33 Vergleich von Männern (N = 52) und Frauen (N = 50) mittels t-Test für unverbundene Stichproben hinsichtlich der Bioimpedanzwerte Reaktanz, Resistanz und Phasenwinkel gemessen mit dem Gerät von Data Input

Körper-segment	direkter Mess-wert	f (kHz)	Mittelwert (± SD)		Levene-Test auf Varianzgleichheit		t-Test	
			Männer	Frauen	F	P	t	P
Körper	R (Ω)	5	531,75 (± 49,36)	634,52 (± 53,17)	0,148	0,701	-10,121	< 0,001
		50	463,02 (± 58,53)	570,78 (± 49,43)	0,001	0,981	-10,061	< 0,001
		100	444,21 (± 44,55)	543,24 (± 47,38)	0,330	0,567	-10,879	< 0,001
	Xc (Ω)	5	24,90 (± 6,85)	28,20 (± 3,65)	7,109	0,009	-3,047	0,003
		50	50,88 (± 7,44)	57,54 (± 6,60)	0,060	0,807	-4,772	< 0,001
		100	49,50 (± 5,44)	58,74 (± 7,14)	0,944	0,334	-7,372	< 0,001
	φ (°)	5	2,68 (± 0,69)	2,55 (± 0,32)	9,509	0,003	1,203	0,233
		50	6,28 (± 0,66)	5,77 (± 0,46)	4,309	0,040	4,489	< 0,001
		100	6,38 (± 0,53)	6,19 (± 0,45)	0,369	0,545	1,864	0,065
Arm rechts	R (Ω)	5	266,56 (± 29,06)	332,60 (± 30,31)	0,090	0,764	-11,236	< 0,001
		50	234,27 (± 27,69)	298,34 (± 33,44)	0,400	0,529	-10,557	< 0,001
		100	222,12 (± 27,00)	286,90 (± 27,95)	0,018	0,892	-11,907	< 0,001
	Xc (Ω)	5	14,52 (± 3,21)	15,14 (± 2,38)	2,683	0,105	-1,106	0,271
		50	23,88 (± 2,59)	26,34 (± 3,09)	0,918	0,340	-4,360	< 0,001
		100	20,77 (± 2,27)	24,68 (± 3,35)	3,262	0,074	-6,929	< 0,001
	φ (°)	5	3,13 (± 0,69)	2,62 (± 0,38)	9,198	0,003	4,575	< 0,001
		50	5,85 (± 0,62)	5,03 (± 0,46)	1,843	0,178	7,578	< 0,001
		100	5,36 (± 0,48)	4,92 (± 0,46)	0,054	0,817	4,805	< 0,001
Arm links	R (Ω)	5	272,83 (± 27,82)	343,70 (± 30,96)	0,248	0,620	-12,172	< 0,001
		50	240,33 (± 27,20)	312,26 (± 30,23)	0,333	0,565	-12,644	< 0,001
		100	228,12 (± 26,58)	298,04 (± 28,53)	0,108	0,743	-12,814	< 0,001
	Xc (Ω)	5	15,35 (± 3,25)	15,06 (± 2,63)	1,931	0,168	0,487	0,627
		50	24,10 (± 2,33)	26,44 (± 3,57)	5,765	0,018	-3,911	< 0,001
		100	20,94 (± 2,14)	25,66 (± 3,47)	8,089	0,005	-8,234	< 0,001
	φ (°)	5	3,23 (± 0,71)	2,53 (± 0,39)	9,550	0,003	6,248	< 0,001
		50	5,75 (± 0,63)	4,87 (± 0,55)	1,368	0,245	7,502	< 0,001
		100	5,26 (± 0,46)	4,97 (± 0,60)	0,675	0,413	2,772	0,007
Bein rechts	φ (°)	5	2,53 (± 0,48)	2,40 (± 0,41)	3,249	0,074	1,487	0,140
		50	6,36 (± 0,79)	6,13 (± 0,65)	0,854	0,358	1,628	0,107
		100	6,60 (± 0,70)	6,57 (± 0,60)	0,664	0,417	0,169	0,866
Bein links	R (Ω)	5	240,87 (± 24,92)	276,22 (± 27,08)	0,908	0,343	-6,865	< 0,001
		50	212,58 (± 22,56)	246,36 (± 23,66)	0,531	0,468	-7,382	< 0,001
		100	201,75 (± 21,96)	234,24 (± 22,39)	0,307	0,581	-7,399	< 0,001
	Xc (Ω)	5	10,56 (± 2,18)	11,58 (± 1,89)	0,572	0,451	-2,528	0,013
		50	23,88 (± 3,74)	26,52 (± 4,07)	1,277	0,261	-3,411	0,001
		100	23,42 (± 3,54)	27,22 (± 4,08)	1,996	0,161	-5,029	< 0,001
	φ (°)	5	2,54 (± 0,49)	2,40 (± 0,35)	4,087	0,046	1,712	0,090
		50	6,40 (± 0,90)	6,16 (± 0,64)	5,497	0,021	1,566	0,121
		100	6,64 (± 0,79)	6,62 (± 0,61)	2,871	0,093	0,169	0,866

f = Frequenz; R = Resistanz, Xc = Reaktanz, φ = Phasenwinkel; SD = Standardabweichung

Das Gleiche gilt ebenso für die Reaktanz-Werte in den entsprechenden Segmenten für 50 kHz und 100 kHz, hier sind die Werte der Frauen ebenfalls signifikant größer als die der Männer (jedes $P < 0,01$). Für X_c bei 5 kHz gilt dies ebenfalls für den ganzen Körper ($P = 0,003$) und das linke Bein ($P = 0,013$). Keine signifikanten Unterschiede zwischen Männern und Frauen hinsichtlich X_c bei 5 kHz konnten beim rechten und linken Arm ($P = 0,271$ bzw. $P = 0,627$) sowie dem rechten Bein festgestellt werden ($P = 0,060$).

Tabelle 34 Vergleich von Männern ($N = 52$) und Frauen ($N = 50$) mittels Man-Whitney-Test für unverbundene Stichproben hinsichtlich der nicht normalverteilten Bioimpedanzwerte Reaktanz und Resistanz des rechten Beins (Data Input)

Direkter Messwert	Frequenz (kHz)	Mittelwert (\pm SD)		Z	P
		Männer	Frauen		
R (Ω)	5	256,17 (\pm 63,05)	295,74 (\pm 90,02)	-5,0832	< 0,001
	50	224,75 (\pm 55,14)	256,28 (\pm 51,54)	-5,523	< 0,001
	100	215,35 (\pm 54,90)	243,70 (\pm 49,49)	-5,323	< 0,001
X_c (Ω)	5	12,08 (\pm 2,50)	13,86 (\pm 2,44)	-1,883	0,060
	50	25,00 (\pm 6,17)	27,48 (\pm 5,45)	-3,026	0,002
	100	29,12 (\pm 23,65)	28,06 (\pm 5,76)	-3,802	< 0,001

R = Resistanz, X_c = Reaktanz; SD = Standardabweichung

Der Phasenwinkel ist bei den gemessenen drei Frequenzen in rechtem und linkem Arm bei den Männern signifikant höher als bei den Frauen ($P < 0,01$). Bei 50 kHz ist er auch im ganzen Körper bei den Männern signifikant höher als bei den Frauen ($P < 0,001$). Der Phasenwinkel unterscheidet sich zwischen den Männern und den Frauen nicht signifikant im ganzen Körper bei 5 kHz ($P = 0,233$) und 100 kHz ($P = 0,065$) und bei allen drei Frequenzen in beiden Beinen ($P > 0,05$).

Tabelle 35 Vergleich von Männern (N = 51) und Frauen (N = 48) mittels t-Test für unverbundene Stichproben hinsichtlich der Impedanzwerte (Tanita)

Körpersegment	Mittelwert (\pm SD) Impedanz (Ω)		Levene-Test auf Varianzgleichheit		t-Test	
	Männer	Frauen	F	P	t	P
Körper	543,31 (\pm 50,89)	650,81 (\pm 48,70)	0,006	0,939	-10,725	< 0,001
Bein rechts	238,43 (\pm 25,12)	267,10 (\pm 28,76)	0,621	0,433	-5,291	< 0,001
Bein links	237,90 (\pm 23,68)	267,25 (\pm 22,18)	0,507	0,478	-6,354	< 0,001
Arm rechts	279,55 (\pm 29,69)	352,42 (\pm 33,51)	0,670	0,415	-11,467	< 0,001
Arm links	289,02 (\pm 31,08)	366,67 (\pm 35,14)	0,468	0,496	-11,662	< 0,001

SD = Standardabweichung

Körperkomartimente

Der Vergleich der absoluten Muskel- und Fettmasse mittels DXA ergab signifikante Unterschiede in den untersuchten Segmenten Arme, Beine und Rumpf sowie dem gesamten Körper (Tabelle 36). Der Knochenmineralgehalt sowie die Knochendichte sind in allen untersuchten Segmenten bei den Frauen signifikant geringer (jedes $P < 0,001$). Dies ist ebenso der Fall bei der Muskelmasse, der Magermasse und der gesamten Masse. Die absolute Fettmasse ist allerdings bei den Frauen signifikant größer (Arme, Beine, Gesamt: jedes $P < 0,001$; Rumpf: $P = 0,027$). Das gleiche gilt für den prozentualen Anteil an Fett, welcher ebenfalls bei den Frauen signifikant größer ist (jedes $P < 0,001$).

Tabelle 36 Vergleich von Männern (N = 50) und Frauen (N = 50) mittels t-Test für unverbundene Stichproben hinsichtlich der mittels DXA bestimmten Werte

Körpersegment	Kompartiment	Mittelwert (±SD)		Levene-Test auf Varianzgleichheit		t-Test	
		Männer	Frauen	F	P	t	P
Ganzer Körper	MM (g)	60685,38 (± 5949,86)	43132,84 (± 4326,19)	2,509	0,116	16,872	< 0,001
	LBM (g)	63313,77 (± 6133,78)	45566,84 (± 6671,84)	0,337	0,563	13,846	< 0,001
	FM (g)	17665,24 (± 4867,43)	23277,32 (± 6777,05)	6,853	0,010	-4,756	< 0,001
	FM (%)	21,53 (± 3,86)	33,41 (± 5,60)	9,006	0,003	-12,348	< 0,001
	BMC (g)	2628,40 (± 345,08)	1930,98 (± 261,62)	4,803	0,031	11,388	< 0,001
	BMD (g/cm²)	1,13 (± 0,09)	1,00 (± 0,10)	0,362	0,549	6,381	< 0,001
Arm rechts	MM (g)	3820,36 (± 487,57)	2230,52 (± 352,07)	2,352	0,128	18,693	< 0,001
	LBM (g)	4050,98 (± 507,01)	2359,54 (± 360,03)	2,577	0,112	19,234	< 0,001
	FM (g)	1128,39 (± 343,50)	1537,39 (± 431,54)	3,166	0,078	-5,244	< 0,001
	FM (%)	21,56 (± 4,66)	38,93 (± 6,69)	6,720	0,011	-15,068	< 0,001
	BMC (g)	230,62 (± 36,18)	135,73 (± 20,71)	14,007	< 0,001	16,095	< 0,001
	BMD (g/cm²)	0,83 (± 0,07)	0,65 (± 0,06)	4,632	0,034	14,473	< 0,001
Arm links	MM (g)	3559,57 (± 513,66)	2087,75 (± 312,65)	4,497	0,036	17,307	< 0,001
	LBM (g)	3752,66 (± 540,41)	2207,81 (± 318,19)	5,702	0,019	17,419	< 0,001
	FM (g)	1059,56 (± 297,75)	1470,99 (± 439,01)	5,741	0,018	-5,484	< 0,001
	FM (%)	21,85 (± 4,58)	39,32 (± 6,55)	11,034	0,001	-15,471	< 0,001
	BMC (g)	213,09 (± 33,50)	126,36 (± 19,86)	14,962	< 0,001	15,748	< 0,001
	BMD (g/cm²)	0,81 (± 0,07)	0,63 (± 0,05)	3,168	0,078	14,474	< 0,001
Bein rechts	MM (g)	9568,88 (± 1060,67)	6854,42 (± 862,35)	1,081	0,301	14,041	< 0,001
	LBM (g)	10078,36 (± 1096,43)	7184,84 (± 861,89)	1,368	0,245	14,671	< 0,001
	FM (g)	2651,50 (± 753,57)	4351,43 (± 1263,13)	14,966	< 0,001	-8,172	< 0,001
	FM (%)	20,68 (± 4,64)	37,08 (± 6,08)	2,377	0,126	-15,160	< 0,001
	BMC (g)	509,48 (± 78,13)	350,89 (± 55,33)	8,219	0,005	11,713	< 0,001
	BMD (g/cm²)	1,19 (± 0,11)	1,00 (± 0,10)	1,762	0,188	9,135	< 0,001
Bein links	MM (g)	9673,03 (± 1140,83)	6778,77 (± 765,80)	5,489	0,021	14,895	< 0,001
	LBM (g)	10206,18 (± 1181,77)	7122,92 (± 756,73)	6,711	0,011	15,536	< 0,001
	FM (g)	2612,81 (± 753,91)	4206,93 (± 1331,10)	14,553	< 0,001	-7,368	< 0,001
	FM (%)	20,24 (± 4,58)	36,79 (± 6,45)	4,018	0,048	-14,789	< 0,001
	BMC (g)	525,23 (± 91,50)	362,58 (± 57,27)	10,975	0,001	10,655	< 0,001
	BMD (g/cm²)	1,21 (± 0,11)	1,01 (± 0,11)	0,289	0,592	8,973	< 0,001
Rumpf	MM (g)	30457,25 (± 3175,05)	22131,82 (± 2304,98)	4,427	0,038	15,004	< 0,001
	LBM (g)	31086,20 (± 3231,00)	22566,30 (± 2302,08)	4,816	0,031	15,186	< 0,001
	FM (g)	9158,34 (± 3066,95)	10759,71 (± 4013,72)	3,222	0,076	-2,242	0,027
	FM (%)	22,24 (± 4,69)	31,29 (± 6,88)	6,798	0,011	-7,684	< 0,001
	BMC (g)	622,84 (± 131,50)	458,70 (± 75,32)	7,977	0,006	7,659	< 0,001

SD = Standardabweichung; DXA = Doppellröntgen-Absorptionsmessung; FM = Fettmasse; LBM = Magermasse; BMC = Knochenmineralgehalt (Bone Mineral Content); BMD = Knochenmineraldichte (Bone Mineral Density);

Das gleiche Bild ergibt sich auch für die abgeleiteten Körperkompartimente (Tabellen 37, 38), die mittels segmentaler Bioimpedanzanalyse bestimmt wurden. Die Frauen haben signifikant mehr prozentuales Körperfett im ganzen Körper sowie in Armen, Beinen und Rumpf (jedes

$P < 0,001$). Auch die absolute Fettmasse ist bei den Frauen im gesamten Körper ($P = 0,001$), dem rechten und dem linken Bein (jedes $P < 0,001$), sowie dem rechten Arm ($P = 0,001$) und dem linken Arm ($P < 0,001$) signifikant größer. Kein signifikanter Unterschied zwischen Männern und Frauen konnte in der Fettmasse im Rumpf festgestellt werden ($P = 0,888$).

Tabelle 37 Vergleich von Männern und Frauen mittels t-Test für unverbundene Stichproben hinsichtlich der abgeleiteten Körperkompartimente

Körper-segment	Kompar-timent	Mittelwert (\pm SD)		Levene-Test für Varianzgleichheit		t-test für Gleichheit der Mittelwerte	
		Männer (N = 51)	Frauen (N = 48)	F	P	t	P
Körper	TBW (L)	44,54 ($\pm 4,30$)	31,56 ($\pm 2,48$)	9,658	0,002	18,530	< 0,001
	FM (kg)	20,50 ($\pm 5,67$)	25,09 ($\pm 7,06$)	3,913	0,051	-3,575	0,001
	FM (%)	24,88 ($\pm 4,55$)	35,69 ($\pm 6,35$)	4,323	0,040	-9,775	< 0,001
	FFM (kg)	60,82 ($\pm 5,86$)	42,97 ($\pm 3,98$)	5,948	0,017	17,816	< 0,001
Arm rechts	FM (kg)	0,92 ($\pm 0,26$)	1,17 ($\pm 0,44$)	14,864	< 0,001	-3,483	0,001
	FM (%)	20,65 ($\pm 3,58$)	32,87 ($\pm 7,29$)	24,361	< 0,001	-10,484	< 0,001
	FFM (kg)	3,44 ($\pm 0,47$)	2,27 ($\pm 0,24$)	11,946	0,001	15,807	< 0,001
	MM (kg)	3,23 ($\pm 0,45$)	2,12 ($\pm 0,23$)	11,679	0,001	15,697	< 0,001
Arm links	FM (kg)	0,96 ($\pm 0,29$)	1,25 ($\pm 0,47$)	11,897	0,001	-3,696	< 0,001
	FM (%)	21,41 ($\pm 4,03$)	34,50 ($\pm 6,95$)	16,036	< 0,001	-11,368	< 0,001
	MM (kg)	3,28 ($\pm 0,45$)	2,10 ($\pm 0,24$)	13,129	< 0,001	16,468	< 0,001
Bein rechts	FM (kg)	2,93 ($\pm 0,90$)	4,99 ($\pm 1,13$)	3,211	0,076	-10,022	< 0,001
	FM (%)	22,45 ($\pm 4,61$)	40,41 ($\pm 5,00$)	0,421	0,518	-18,594	< 0,001
	FFM (kg)	9,72 ($\pm 0,97$)	7,08 ($\pm 0,68$)	4,297	0,041	15,692	< 0,001
	MM (kg)	9,24 ($\pm 0,92$)	6,69 ($\pm 0,63$)	4,508	0,036	16,141	< 0,001
Bein links	FM (kg)	2,80 ($\pm 0,81$)	4,94 ($\pm 1,15$)	5,816	0,018	-10,666	< 0,001
	FM (%)	22,20 ($\pm 4,11$)	40,88 ($\pm 4,22$)	0,323	0,571	-22,288	< 0,001
	FFM (kg)	9,67 ($\pm 1,02$)	7,00 ($\pm 0,61$)	7,742	0,006	15,858	< 0,001
	MM(kg)	9,19 ($\pm 0,95$)	6,62 ($\pm 0,57$)	7,566	0,007	16,429	< 0,001
Rumpf	FM (kg)	12,88 ($\pm 3,58$)	12,78 ($\pm 3,97$)	1,511	0,222	0,141	0,888
	FM (%)	26,62 ($\pm 5,30$)	33,48 ($\pm 6,25$)	3,445	0,066	-5,902	< 0,001
	FFM (kg)	34,53 ($\pm 3,17$)	24,53 ($\pm 1,76$)	10,704	0,001	19,576	< 0,001
	MM (kg)	33,21 ($\pm 3,05$)	23,46 ($\pm 1,67$)	11,387	0,001	19,868	< 0,001

Körper = ganzer Körper; TBW = Ganzkörperwasser (Total Body Water); FM = Fettmasse; FFM = fettfreie Masse; MM = Muskelmasse

Tabelle 38 Vergleich von Männern und Frauen mittels Man-Whitney-u-Test hinsichtlich der der fettfreien Masse im linken Arm (Tanita)

Körpersegment	Kompartiment	Mittelwert (\pm SD)		Man-Whitney-u-Test	
		Männer (N = 51)	Frauen (N = 48)	u	P
Arm links	FFM (kg)	3,49 (\pm 0,47)	2,32 (\pm 0,52)	-7,999	< 0,001

SD = Standardabweichung; FFM = fettfreie Masse

Die fettfreie Masse hingegen ist bei den Männern im gesamten Körper sowie in beiden Armen, beiden Beinen und dem Rumpf signifikant größer ($P < 0,001$). Ebenso ist auch die Muskelmasse in beiden Armen, beiden Beinen und dem Rumpf signifikant größer ($P < 0,001$).

Tabelle 39 Vergleich von Männern und Frauen mittels t-Test für unverbundene Stichproben hinsichtlich der abgeleiteten Körperkompartimente des ganzen Körpers (Data Input)

Kompartiment	Mittelwert (\pm SD)		Levene-Test auf Varianzgleichheit		t-Test	
	Männer (N = 52)	Frauen (N = 50)	F	P	t	P
TBW (L)	46,67 (\pm 4,20)	33,66 (\pm 2,91)	6,341	0,013	18,242	< 0,001
ECW (L)	19,69 (\pm 2,50)	13,40 (\pm 2,17)	1,057	0,306	13,548	< 0,001
ICW (L)	26,97 (\pm 1,82)	20,25 (\pm 0,82)	27,710	< 0,001	24,239	< 0,001
LBM (kg)	63,76 (\pm 5,73)	45,97 (\pm 3,96)	6,435	0,013	18,284	< 0,001
ECM (kg)	29,87 (\pm 2,91)	22,70 (\pm 2,29)	1,497	0,224	13,799	< 0,001
BCM (kg)	33,88 (\pm 4,02)	23,28 (\pm 2,21)	14,265	< 0,001	16,586	< 0,001
ECM /BCM-Ratio	0,89 (\pm 0,11)	0,98 (\pm 0,09)	0,771	0,382	-4,265	< 0,001

TBW = Ganzkörperwasser (Total Body Water); ECW = extrazelluläres Wasser (Extra Cellular Water); ICW = intrazelluläres Wasser (Intra Cellular Water); LBM = Magermasse (Lean Body Mass); ECM = Extrazelluläre Matrix; BCM = Körperzellmasse (Body Cell Mass)

Die abgeleiteten Körperkompartimente, gemessen mit dem System von Data Input (Tabelle 39) für den ganzen Körper (TBW, LBM, ECM, BCM, ECW, ICW), unterscheiden sich signifikant zwischen Männern und Frauen (jedes $P < 0,001$). Alle Werte sind bei den Männern im Mittel größer. Der Wert des Verhältnisses von ECM zu BCM ist allerdings bei den Frauen signifikant größer (jedes $P < 0,001$).

3.6 Vergleich von rechter und linker Körperseite hinsichtlich Anthropometrie, Handkraft, Widerstandswerten und abgeleiteten Kompartimenten

Anthropometrie

Die Unterschiede in den anthropometrischen Merkmalen für rechte und linke Körperseite sind in Tabelle 40 dargestellt. Sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen ist der Unterarmumfang auf der rechten Seite signifikant größer als auf der linken Körperseite ($P < 0,001$). Auch der Oberschenkelumfang ist auf der rechten Seite signifikant größer (Männer: $P = 0,001$; Frauen: $P = 0,009$). Bei den Frauen ist der Wadenumfang auf der linken Körperseite signifikant größer als auf der rechten Körperseite ($P = 0,001$). Die Bimalleolarbreite ist ebenfalls auf der rechten Körperseite bei den Männern ($P = 0,005$) und den Frauen ($P = 0,035$) signifikant größer. Der Unterschied in der Epikondylenbreite des Femurs liegt bei den Frauen an der Signifikanzgrenze ($P = 0,053$) mit größeren Werten auf der rechten als auf der linken Körperseite.

Tabelle 40 Vergleich von rechter und linker Körperseite mittels t-Test für verbundene Stichproben hinsichtlich anthropometrischer Merkmale

Merkmal	Männer (N=52)				Frauen (N=50)			
	Mittelwert (\pm SD)		t-Test		Mittelwert (\pm SD)		t-Test	
	Rechte Seite	Linke Seite	t	P	Rechte Seite	Linke Seite	t	P
Schulterhöhe (cm)	147,39 ($\pm 6,17$)	147,54 ($\pm 6,28$)	-1,103	0,275	134,48 ($\pm 4,65$)	134,62 ($\pm 4,77$)	-0,955	0,344
Beinlänge (cm)	106,08 ($\pm 5,51$)	106,10 ($\pm 5,42$)	-0,262	0,794	97,95 ($\pm 3,93$)	98,16 ($\pm 3,99$)	-1,618	0,112
Direkte Armlänge (cm)	80,07 ($\pm 3,60$)	79,83 ($\pm 3,44$)	1,862	0,068	71,92 ($\pm 3,24$)	71,81 ($\pm 3,10$)	1,387	0,172
Midarmumfang (cm)	29,53 ($\pm 2,23$)	29,20 ($\pm 2,19$)	1,878	0,066	28,31 ($\pm 2,44$)	27,98 ($\pm 2,73$)	1,625	0,110
Größter Unterarmumfang (cm)	27,69 ($\pm 1,53$)	26,80 ($\pm 1,49$)	8,427	<0,001	24,93 ($\pm 1,86$)	24,21 ($\pm 1,81$)	7,584	<0,001
Größter Oberschenkelumfang (cm)	50,88 ($\pm 3,11$)	50,16 ($\pm 3,27$)	3,376	0,001	54,65 ($\pm 4,27$)	53,69 ($\pm 4,60$)	2,702	0,009
Größter Wadenumfang (cm)	36,25 ($\pm 2,47$)	36,39 ($\pm 2,53$)	-0,667	0,508	35,26 ($\pm 2,84$)	35,92 ($\pm 2,58$)	-3,600	0,001
Ellenbogenbreite (cm)	8,65 ($\pm 0,72$)	8,57 ($\pm 0,73$)	1,394	0,169	7,77 ($\pm 0,68$)	7,71 ($\pm 0,70$)	1,369	0,177
Radioulnarbreite (cm)	6,08 ($\pm 0,48$)	6,02 ($\pm 0,40$)	1,643	0,106	5,33 ($\pm 0,55$)	5,37 ($\pm 0,50$)	-0,497	0,621
Epikondylenbreite Femur (cm)	10,94 ($\pm 0,50$)	10,92 ($\pm 0,55$)	0,413	0,682	10,59 ($\pm 0,86$)	10,49 ($\pm 0,76$)	1,980	0,053
Bimalleolarbreite (cm)	7,52 ($\pm 0,57$)	7,32 ($\pm 0,49$)	2,957	0,005	6,74 ($\pm 0,58$)	6,59 ($\pm 0,44$)	2,175	0,035

N = Probandenanzahl; SD = Standardabweichung

Handkraft

Hinsichtlich der Handkraft unterscheiden sich die Werte für die rechte und die linke Körperseite nur bei den Frauen signifikant ($P = 0,27$). Sie haben in der rechten Hand mehr Kraft als in der linken Hand (Tabelle 41).

Tabelle 41 Vergleich von rechter und linker Körperseite mittels t-Test für verbundene Stichproben hinsichtlich maximaler Handkraft

Merkmal	Männer (N=52)				Frauen (N=50)			
	Mittelwert (\pm SD)		t-Test		Mittelwert (\pm SD)		t-Test	
	Rechte Seite	Linke Seite	t	P	Rechte Seite	Linke Seite	t	P
Maximale Handkraft (kPa)	85,49 ($\pm 20,75$)	84,39 ($\pm 22,24$)	0,884	0,381	73,68 ($\pm 16,59$)	70,44 ($\pm 12,98$)	2,275	0,027

N = Probandenanzahl; SD = Standardabweichung

Widerstandswerte

Die mit dem Gerät von Data Input gemessenen Resistanzwerte (Tabellen 42, 43) zeigen sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen signifikant höhere Werte im linken Arm bei 5 kHz ($P = 0,005$ bzw. $P < 0,001$), 50 kHz ($P = 0,004$ bzw. $P < 0,001$) und 100 kHz ($P = 0,003$ bzw. $P < 0,001$). Das gleiche Bild zeigt sich für die mit dem Gerät von Tanita gemessene Impedanz. Auch hier ist der Wert bei den Männern und den Frauen im linken Arm signifikant höher als im rechten Arm (jedes $P < 0,001$). Bei den Männern sind die Widerstandswerte des rechten Beines signifikant größer als die des linken Beines, gemessen bei 5 kHz ($P = 0,050$), 50 kHz ($P = 0,046$) und 100 kHz ($P = 0,050$).

Die bei 100 kHz gemessene Reaktanz ist bei den Frauen im linken Arm signifikant größer als im rechten Arm ($P < 0,001$). Der bei 50 kHz gemessene Phasenwinkel ist sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen im rechten Arm signifikant größer als im linken Arm ($P = 0,010$ bzw. $P = 0,001$). Bei den Männern ist auch bei 100 kHz der Phasenwinkel im rechten Arm signifikant höher als im linken Arm ($P = 0,002$).

Tabelle 42 Mittelwerte mit Standardabweichung von rechter und linker Körperseite der Resistanz, Reaktanz und des Phasenwinkels bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz

Körper-segment	Direkter Messwert	Frequenz (kHz)	Männer (N = 52)				Frauen (N = 50)			
			Rechte Seite		Linke Seite		Rechte Seite		Linke Seite	
			MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD
Arm	R [Ω]	5	266,56	29,057	272,83	27,817	332,60	30,305	343,70	30,955
		50	234,27	27,686	240,33	27,195	298,34	33,442	312,26	30,234
		100	222,12	27,002	228,12	26,581	286,90	27,948	298,04	28,526
	Xc [Ω]	5	14,52	3,208	15,35	3,253	15,14	2,382	15,06	2,630
		50	23,88	2,587	24,10	2,329	26,34	3,088	26,44	3,569
		100	20,77	2,272	20,94	2,137	24,68	3,347	25,66	3,468
	φ [$^\circ$]	5	3,13	0,687	3,23	0,705	2,62	0,381	2,53	0,390
		50	5,85	0,620	5,75	0,628	5,03	0,461	4,87	0,550
		100	5,36	0,477	5,26	0,461	4,92	0,456	4,97	0,604
Bein	R [Ω]	5	256,17	63,049	240,87	24,921	295,74	90,018	276,22	27,078
		50	224,75	55,144	212,58	22,561	256,28	51,535	246,36	23,660
		100	215,35	54,903	201,75	21,959	243,70	49,490	234,24	22,390
	Xc [Ω]	5	12,08	2,498	10,56	2,182	13,86	2,441	11,58	1,885
		50	25,00	6,168	23,88	3,735	27,48	5,452	26,52	4,067
		100	29,12	23,652	23,42	3,539	28,06	5,755	27,22	4,077
	φ [$^\circ$]	5	2,53	0,482	2,54	0,487	2,40	0,409	2,40	0,350
		50	6,36	0,785	6,40	0,899	6,13	0,646	6,16	0,640
		100	6,60	0,696	6,64	0,793	6,57	0,598	6,62	0,605

R = Resistanz, Xc = Reaktanz, φ = Phasenwinkel; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung

Tabelle 43 Vergleich von rechter und linker Körperseite mittels t-Test für verbundene Stichproben bzw. Wilcoxon-Test hinsichtlich Resistanz, Reaktanz und Phasenwinkel bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz

Körper-segment	Direkter Messwert	f (kHz)	Männer (N = 52)				Frauen (N = 50)			
			t-Test		Wilcoxon Test		t-Test		Wilcoxon-Test	
			t	P	Z	P	T	P	Z	P
Arm	R [Ω]	5	-2,965	0,005			-5,416	< 0,001		
		50	-3,000	0,004			-4,151	< 0,001		
		100	-3,071	0,003			-5,916	< 0,001		
	Xc [Ω]	5	-1,876	0,066			0,193	0,848		
		50	-1,086	0,283			-0,325	0,747		
		100	-0,953	0,345			-4,447	< 0,001		
	φ [$^\circ$]	5	-1,061	0,293			1,604	0,115		
		50	2,664	0,010			3,404	0,001		
		100	3,337	0,002			-0,708	0,482		
Bein	R [Ω]	5			-1,956	0,050			-1,599	0,110
		50			-1,998	0,046			-1,555	0,120
		100			-1,957	0,050			-1,478	0,139
	Xc [Ω]	5			-0,995	0,320			-1,141	0,254
		50			-0,736	0,462	1,401	0,167		
		100			-1,740	0,082	1,146	0,257		
	φ [$^\circ$]	5	-0,053	0,958			0,103	0,919		
		50	-0,711	0,480			-0,583	0,562		
		100	-0,888	0,379			-0,823	0,415		

R = Resistanz, Xc = Reaktanz, φ = Phasenwinkel; f = Frequenz

Körperkompartimente

Für die mit dem Gerät von Tanita abgeleiteten Körperkompartimente (Tabelle 44) ergibt sich sowohl für die Männer als auch für die Frauen eine signifikant größere prozentuale und auch absolute Fettmasse im linken Arm (jedes $P < 0,001$). Dem gegenüber ist die absolute Fettmasse des Beines bei Männern und Frauen auf der rechten Seite signifikant größer ($P < 0,001$ bzw. $P = 0,009$). Bei den Männern ist die fettfreie Masse im linken Arm signifikant größer als im rechten Arm ($P = 0,005$), ebenso wie die Muskelmasse ($P = 0,004$). Bei den Frauen ist die fettfreie Masse im rechten Bein signifikant größer als im linken Bein ($P = 0,009$). Das gleiche gilt für die Muskelmasse ($P = 0,010$).

Tabelle 44 Vergleich von rechter und linker Körperseite mittels t-Test für verbundene Stichproben bzw. Wilcoxon Test hinsichtlich direkter und abgeleiteter Werte (Tanita)

Messwert	Männer (N = 52)				Frauen (N = 50)			
	Mittelwert (\pm SD)		t-Test		Mittelwert (\pm SD)		t-Test	
	Rechte Seite	Linke Seite	t	P	Rechte Seite	Linke Seite	t	P
Impedanz Bein (Ω)	238,43 ($\pm 25,12$)	237,90 ($\pm 23,68$)	0,379	0,706	267,10 ($\pm 28,76$)	267,25 ($\pm 22,18$)	-0,066	0,948
Impedanz Arm (Ω)	279,55 ($\pm 29,69$)	289,02 ($\pm 31,08$)	-5,280	< 0,001	352,42 ($\pm 33,51$)	366,67 ($\pm 35,14$)	-6,182	< 0,001
FM Bein (%)	22,449 ($\pm 4,61$)	22,202 ($\pm 4,11$)	0,709	0,482	40,41 ($\pm 5,00$)	40,88 ($\pm 4,22$)	-1,393	0,170
FM Arm (%)	20,645 ($\pm 3,583$)	21,412 ($\pm 4,03$)	-3,935	< 0,001	32,87 ($\pm 7,29$)	34,50 ($\pm 6,95$)	-8,116	< 0,001
FM Bein (kg)	2,933 ($\pm 0,90$)	2,804 ($\pm 0,81$)	5,033	< 0,001	4,99 ($\pm 1,13$)	4,94 ($\pm 1,15$)	2,723	0,009
FM Arm (kg)	0,916 ($\pm 0,26$)	0,959 ($\pm 0,29$)	-5,063	< 0,001	1,17 ($\pm 0,44$)	1,25 ($\pm 0,47$)	-8,426	< 0,001
FFM Bein (kg)	9,724 ($\pm 0,97$)	9,673 ($\pm 1,02$)	1,594	0,117	7,08 ($\pm 0,68$)	7,00 ($\pm 0,61$)	2,729	0,009
FFM Arm (kg)	3,441 ($\pm 0,47$)	3,486 ($\pm 0,047$)	-2,974	0,005	2,27 ($\pm 0,24$)	2,32 ($\pm 0,52$)	¹	¹
MM Bein (kg)	9,235 ($\pm ,92$)	9,188 ($\pm ,095$)	1,551	0,127	6,69 ($\pm 0,63$)	6,62 ($\pm 0,57$)	2,692	0,010
MM Arm (kg)	3,233 ($\pm ,45$)	3,284 ($\pm 0,45$)	-2,978	0,004	2,12 ($\pm 0,23$)	2,10 ($\pm 0,24$)	1,273	0,209

FM = Fettmasse; FFM = fettfreie Masse; MM = Muskelmasse; N = Probandenanzahl;

SD = Standardabweichung

¹ Wilcoxon-Test: Z = -0,382; P = 0,702

Die Unterschiede der rechten und linken Körperseite hinsichtlich der mittels DXA bestimmten Werte sind in Tabelle 45 dargestellt. Mittels DXA wurde sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen im rechten Arm eine größere absolute Fettmasse als im linken Arm bestimmt ($P < 0,001$ bzw. $P = 0,001$). Bei den Frauen ist auch die absolute Fettmasse des rechten Beines signifikant größer ($P = 0,025$). Der prozentuale Fettanteil ist bei den Männern im rechten Bein signifikant höher als im linken Bein ($P = 0,024$). Die Muskelmasse ist bei den

Männern und den Frauen im rechten Arm signifikant größer als im linken Arm (jedes $P < 0,001$). Das gleiche gilt auch für die Magermasse der Arme bei Männern und Frauen (jedes $P < 0,001$). Außerdem wurde bei den Männern eine signifikant größere Magermasse im linken Bein ermittelt ($P = 0,031$). Die Gesamtmasse ist bei Männern und Frauen im rechten Arm signifikant größer als im linken Arm (jedes $P < 0,001$). Außerdem ist bei den Frauen die Gesamtmasse im linken Bein signifikant größer als im rechten Bein ($P = 0,009$). Bei Männern und Frauen ist der Knochenmineralgehalt (BMC) im rechten Arm signifikant größer als im linken Arm (jedes $P < 0,001$). In den Beinen ist der BMC auf der linken Seite signifikant größer als auf der rechten Seite ($P = 0,024$ bzw. $P = 0,008$). Die Knochendichte ist bei Männern und Frauen im rechten Arm signifikant höher als im linken Arm (jedes $P < 0,001$) und bei den Männern im linken Bein signifikant höher als im rechten Bein ($P = 0,002$).

Tabelle 45 Vergleich von rechter und linker Körperseite mittels t-Test für verbundene Stichproben hinsichtlich mit Doppelröntgen-Absorptionsmessung (DXA) bestimmter Merkmale

DXA-Messwerte	Männer (N = 50)				Frauen (N = 50)			
	Mittelwert (\pm SD)		t-Test		Mittelwert (\pm SD)		t-Test	
	Rechte Seite	Linke Seite	t	P	Rechte Seite	Linke Seite	t	P
BMC (g) - Arm	230,62 ($\pm 36,18$)	213,09 ($\pm 33,50$)	-9,103	< 0,001	135,73 ($\pm 20,71$)	126,36 ($\pm 19,86$)	-9,030	< 0,001
BMC (g) - Bein	509,48 ($\pm 78,13$)	525,23 ($\pm 91,50$)	2,332	0,024	350,89 ($\pm 55,33$)	362,58 ($\pm 57,27$)	2,784	0,008
BMD (g/cm ²) - Arm	0,83 ($\pm 0,07$)	0,81 ($\pm 0,065$)	-5,478	< 0,001	0,65 ($\pm 0,06$)	0,63 ($\pm 0,05$)	-4,926	< 0,001
BMD (g/cm ²) - Bein	1,19 ($\pm 0,11$)	1,21 ($\pm 0,11$)	3,358	0,002	1,00 ($\pm 0,10$)	1,01 ($\pm 0,11$)	1,825	0,074
FM (g) - Arm	1128,39 ($\pm 343,50$)	1059,56 ($\pm 297,75$)	-5,828	< 0,001	1537,39 ($\pm 431,54$)	1470,99 ($\pm 439,01$)	-3,663	0,001
FM (g) - Bein	2651,50 ($\pm 753,57$)	2612,81 ($\pm 753,91$)	-1,602	0,116	4351,43 ($\pm 1263,13$)	4206,93 ($\pm 1331,10$)	-2,308	0,025
FM (%) - Arm	21,56 ($\pm 4,66$)	21,85 ($\pm 4,58$)	1,496	0,141	38,93 ($\pm 6,69$)	39,32 ($\pm 6,55$)	1,018	0,314
FM (%) - Bein	20,68 ($\pm 4,64$)	20,24 ($\pm 4,58$)	-2,332	0,024	37,08 ($\pm 6,08$)	36,79 ($\pm 6,45$)	-1,329	0,190
MM (g) - Arm	3820,36 ($\pm 487,57$)	3559,57 ($\pm 513,66$)	-5,686	< 0,001	2230,52 ($\pm 352,07$)	2087,75 ($\pm 312,65$)	-5,470	< 0,001
MM (g) - Bein	9568,88 ($\pm 1060,67$)	9673,03 ($\pm 1140,83$)	1,840	0,072	6854,42 ($\pm 862,35$)	6778,77 ($\pm 765,80$)	-1,643	0,107
LBM (g) - Arm	4050,98 ($\pm 507,01$)	3752,66 ($\pm 540,41$)	-7,101	< 0,001	2359,54 ($\pm 360,03$)	2207,81 ($\pm 318,19$)	-5,731	< 0,001
LBM (g) - Bein	10078,36 ($\pm 1096,43$)	10206,18 ($\pm 1181,77$)	2,228	0,031	7184,84 ($\pm 861,89$)	7122,92 ($\pm 756,73$)	-1,315	0,195
TBM (g) - Arm	5179,36 ($\pm 696,56$)	4812,23 ($\pm 672,44$)	-7,516	< 0,001	3868,17 ($\pm 672,73$)	3659,95 ($\pm 660,77$)	-5,958	< 0,001
TBM (g) - Bein	12729,87 ($\pm 1414,37$)	12818,94 ($\pm 1509,59$)	1,505	0,139	11477,39 ($\pm 1874,71$)	11330,98 ($\pm 1749,79$)	-2,713	0,009

BMC = Knochenmineralgehalt (Bone Mineral Content); BMD = Knochendichte (Bone Mineral Density); FM = Fettmasse; MM = Muskelmasse; LBM = Magermasse (Lean Body Mass); TBM = Gesamtmasse

3.7 Vergleich der verwendeten segmentalen Messgeräte hinsichtlich deren direkten und abgeleiteten Messgrößen

Ein Vergleich der direkten Messwerte bei 50 kHz von Tanita und von Data Input für den ganzen Körper, beide Arme und beide Beine (Tabellen 46, 47) ergab mit dem Gerät von Tanita sowohl bei Männern als auch bei Frauen signifikant größere Werte (jedes $P < 0,001$).

Dies gilt sowohl für die Werte, die mit dem Gerät von Data Input im Stehen gemessen wurden, als auch für die Werte, die im Liegen gemessen wurden. Mit dem Gerät von Tanita sind nur Messungen im Stehen möglich.

Tabelle 46 Mittelwerte der direkten Messwerte gemessen mit dem Gerät von Tanita und dem Gerät von Data Input + Schaltgerät im Stehen und im Liegen

Körpersegment	Direkter Messwert bei 50 kHz	Männer (N = 51)		Frauen (N = 48)	
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD
Körper	Tanita (Ω)	543,31	50,89	650,81	50,89
	Data Input stehend (Ω)	466,25	43,56	565,60	43,56
	Data Input liegend (Ω)	463,96	58,71	570,83	58,71
Arm rechts	Tanita (Ω)	279,55	29,69	352,42	29,69
	Data Input stehend (Ω)	235,78	27,07	302,33	27,07
	Data Input liegend (Ω)	234,86	27,63	297,94	27,63
Arm links	Tanita (Ω)	289,02	31,08	366,67	31,08
	Data Input stehend (Ω)	240,00	27,12	309,96	27,12
	Data Input liegend (Ω)	241,10	26,89	312,17	26,89
Bein rechts	Tanita (Ω)	238,43	25,12	267,10	25,12
	Data Input stehend (Ω)	222,14	53,74	242,60	53,74
	Data Input liegend (Ω)	225,45	55,46	250,00	55,46
Bein links	Tanita (Ω)	237,90	23,68	267,25	23,68
	Data Input stehend (Ω)	209,43	21,57	239,73	21,57
	Data Input liegend (Ω)	213,37	22,04	246,75	22,04

N = Probandenanzahl; SD = Standardabweichung; Körper = ganzer Körper

Tanita = direkter Messwert von BC-418 MA von Tanita,

Data Input stehend = direkter Messwert von Nutriguard-M + Schaltgerät von Data Input im Stehen

Data Input liegend = direkter Messwert von Nutriguard-M + Schaltgerät von Data Input im Liegen

Tabelle 47 Vergleich der direkten Messwerte bei 50 kHz für den ganzen Körper, Arme und Beine mittels t-Test für verbundene Stichproben, bzw- Wilcoxon-Test.

Direkter Messwert bei 50 kHz	Männer (N = 51)				Frauen (N = 48)	
	t-Test		Wilcoxon-Test		t-Test	
	t	P	Z	P	t	P
Körper (T_stehend v. DI_stehend) (Ω)	28,312	< 0,001	-5,247	< 0,001	23,680	< 0,001
Bein rechts (T_stehend v. DI_stehend) (Ω)					12,059	< 0,001
Bein links (T_stehend v. DI_stehend) (Ω)	28,568	< 0,001			15,870	< 0,001
Arm rechts (T_stehend v. DI_stehend) (Ω)	24,648	< 0,001			25,900	< 0,001
Arm links (T_stehend v. DI_stehend) (Ω)	31,986	< 0,001			23,752	< 0,001
Körper (T_stehend v. DI_liegend) (Ω)	13,024	< 0,001	-5,237	< 0,001	21,916	< 0,001
Bein rechts (T_stehend v. DI_liegend) (Ω)					7,042	< 0,001
Bein links (T_stehend v. DI_liegend) (Ω)	21,580	< 0,001			9,731	< 0,001
Arm rechts (T_stehend v. DI_liegend) (Ω)	23,288	< 0,001			14,787	< 0,001
Arm links (T_stehend v. DI_liegend) (Ω)	31,046	< 0,001			23,595	< 0,001

N = Probandenanzahl; SD = Standardabweichung; Körper = ganzer Körper

T_stehend = direkter Messwert von BC-418 MA von Tanita,

DI_stehend = direkter Messwert von Nutriguard-M + Schaltgerät von Data Input im Stehen

DI_liegend = direkter Messwert von Nutriguard-M + Schaltgerät von Data Input im Liegen

Als abgeleitete Körperkompartimente wurden die fettfreie Masse des ganzen Körpers und das Ganzkörperwasser verglichen (Tabellen 48, 49). Es wurden mit dem Gerät von Data Input signifikant größere Werte ermittelt (jedes $P < 0,001$).

Tabelle 48 Mittelwerte der abgeleiteten Kompartimente gemessen mit dem Gerät von Tanita und dem Gerät von Data Input + Schaltgerät im Stehen und im Liegen

Abgeleitetes Kompartiment	Gerät	Männer (N = 51)		Frauen (N = 48)	
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD
FFM (kg)	Tanita	60,82	5,86	42,97	3,98
	Data Input stehend	63,83	5,76	46,24	3,94
	Data Input liegend	63,64	5,73	46,00	3,95
Körperwasser (L)	Tanita	44,54	4,30	31,56	2,48
	Data Input stehend	46,74	4,21	33,84	2,88
	Data Input liegend	46,58	4,20	33,69	2,90

FFM = fettfreie Masse; N = Probandenanzahl, SD = Standardabweichung

Die abgeleiteten Messwerte, die mittels Bioimpedanzanalysator BC-418 MA von Tanita erfasst wurden (Tanita), wurden sowohl mit den abgeleiteten Messwerten von Nutriguard-M + Schaltgerät von Data Input verglichen, die im Stehen erfasst wurden (Data Input stehend) als auch mit denen, die im Liegen erfasst wurden (Data Input liegend).

Tabelle 49 Vergleich von Tanita und Data Input hinsichtlich der abgeleiteten Körperkompartimente für den ganzen Körper mittels t-Test für verbundene Stichproben

	Männer (N = 51)		Frauen (N = 48)	
	t	P	T	P
FFM (kg) stehend v. stehend	-11,512	< 0,001	-13,021	< 0,001
FFM (kg) stehend v. liegend	-11,112	< 0,001	-11,797	< 0,001
Körperwasser (L) stehend v. stehend	-11,634	< 0,001	-21,137	< 0,001
Körperwasser (L) stehend v. liegend	-11,175	< 0,001	-19,506	< 0,001

FFM = fettfreie Masse; N = Probandenanzahl

Die abgeleiteten Werte, die mittels Bioimpedanzanalysator von Tanita erfasst wurden, wurden sowohl mit den abgeleiteten Werten von Data Input verglichen, die im Stehen erfasst wurden (stehend v. stehend) als auch mit denen, die im Liegen erfasst wurden (stehend v. liegend).

3.8 Genauigkeit der mit sBIA ermittelten Kompartimente verglichen mit DXA

3.8.1 Genauigkeit auf Populationsebene

Die mittlere prozentuale Abweichung der Werte für die Muskelmasse der einzelnen Segmente gemessen mit sBIA von den Werten, die mittels DXA erfasst wurden, ist in Abbildung 21 dargestellt.

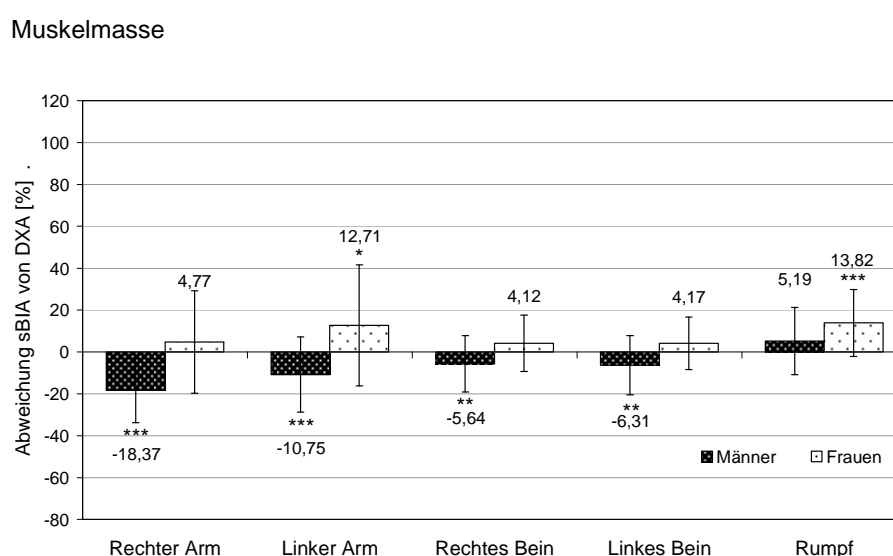


Abbildung 21 Mittlere prozentuale Abweichung der Muskelmasse gemessen mit sBIA verglichen mit DXA. Die Zahlen über bzw. unter den Balken geben die mittlere prozentuale Abweichung von sBIA zu DXA an. DXA = Doppelröntgen-Absorptionsmessung; sBIA = segmentale Bioimpedanzanalyse
* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$

Die mittlere Muskelmasse wird bei den Frauen mittels sBIA im rechten Arm und in beiden Beinen im Vergleich zu DXA nicht signifikant verschieden geschätzt, im linken Arm ($P < 0,05$) und im Rumpf ($P < 0,001$) dagegen überschätzt. Bei den Männern hingegen wird die Muskelmasse in beiden Armen und beiden Beinen unterschätzt ($P < 0,01$) und nur im Rumpf im Mittel nicht signifikant verschieden geschätzt (Tabelle 50).

Tabelle 50 Vergleich von sBIA mit DXA hinsichtlich der Muskelmasse mittels t-Test für gepaarte Stichproben

Körpersegment	Männer (N = 40)						Frauen (N = 32)					
	DXA		sBIA		t	P	DXA		sBIA		t	P
	MW	SD	MW	SD			MW	SD	MW	SD		
Arm rechts (kg)	3,80	0,44	3,09	0,60	7,503	< 0,001	2,24	0,38	2,31	0,50	-0,68	0,500
Arm links (kg)	3,55	0,49	3,13	0,61	4,007	< 0,001	2,08	0,31	2,31	0,56	-2,24	0,032
Bein rechts (kg)	9,54	1,10	8,95	1,25	3,015	0,005	6,84	0,89	7,10	1,18	-1,45	0,157
Bein links (kg)	9,57	1,18	8,90	1,28	3,353	0,002	6,76	0,79	7,02	1,11	-1,66	0,107
Rumpf (kg)	30,51	3,24	31,85	4,53	-1,73	0,091	22,26	2,23	25,35	4,59	- ¹	- ¹

DXA = Doppelröntgen-Absorptionsmessung; sBIA = segmentale Bioimpedanzanalyse; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung

¹ Wilcoxon-Test: Z = -4,506; ² P < 0,001

Ein ähnliches Bild zeigt sich im Vergleich der fettfreien Masse (Abbildung 22). Die fettfreie Masse in Armen und Beinen wird bei den Männern wie die Muskelmasse signifikant unterschätzt (Tabelle 51). Bei den Frauen unterscheiden sich die Messungen von sBIA und DXA für den rechten Arm und die Beine nicht signifikant. Im linken Arm wird die fettfreie Masse mittels sBIA im Vergleich zu DXA signifikant überschätzt (P = 0,013). Im Rumpf wird sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen die fettfreie Masse mittels sBIA signifikant überschätzt (P = 0,015 bzw. P < 0,001). Zusätzlich zum segmentalen Vergleich ist hier auch ein Vergleich auf der Gesamtkörperebene möglich.

Fettfreie Masse

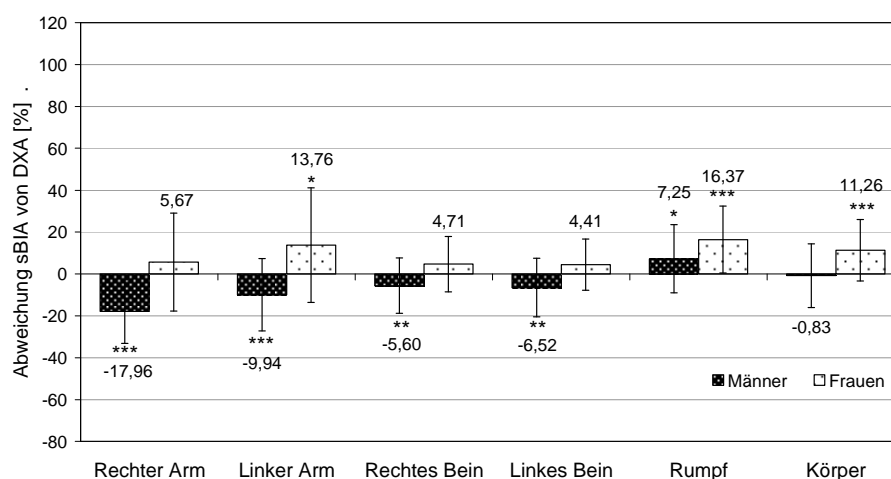


Abbildung 22 Mittlere Abweichung der Fettfreien Masse gemessen mit sBIA verglichen mit DXA. Die Zahlen über bzw. unter den Balken geben die mittlere prozentuale Abweichung von sBIA zu DXA an. DXA = Doppelröntgen-Absorptionsmessung; sBIA = segmentale Bioimpedanzanalyse

* P < 0,05; ** P < 0,01; *** P < 0,001

Bei den Männern wird der Anteil der fettfreien Masse des ganzen Körpers mittels sBIA im Vergleich zu DXA nicht signifikant verschieden eingeschätzt, bei den Frauen hingegen wird er signifikant überschätzt.

Tabelle 51 Vergleich von sBIA mit DXA hinsichtlich der fettfreien Masse mittels t-Test für gepaarte Stichproben

Körpersegment	Männer (N = 40)						Frauen (N = 32)					
	DXA		sBIA		t	P	DXA		sBIA		t	P
	MW	SD	MW	SD			MW	SD	MW	SD		
Arm rechts (kg)	4,03	0,46	3,29	0,63	7,393	< 0,001	2,38	0,39	2,48	0,52	-0,98	0,337
Arm links (kg)	3,74	0,52	3,33	0,64	3,846	< 0,001	2,20	0,32	2,48	0,57	-2,63	0,013
Bein rechts (kg)	10,04	1,14	9,43	1,32	3,015	0,004	7,19	0,89	7,51	1,24	-1,77	0,087
Bein links (kg)	10,10	1,22	9,37	1,35	3,466	< 0,001	7,12	0,80	7,42	1,18	-1,84	0,075
Rumpf (kg)	31,14	3,29	33,14	4,67	-2,533	0,015	22,07	4,25	26,45	4,73	- ¹	- ¹
Körper (kg)	59,05	5,98	58,28	9,13	0,546	0,588	41,61	4,24	46,31	8,12	-4,11	< 0,001

DXA = Doppelröntgen-Absorptionsmessung; sBIA = segmentale Bioimpedanzanalyse; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; FFM = Fettfreie Masse

¹ Wilcoxon-Test: Z = -4,862; P < 0,001

Die absolute Fettmasse (Abbildung 23) wurde mittels sBIA in beiden Armen der Männer und bei den Frauen in beiden Beinen, dem Rumpf und dem gesamten Körper im Vergleich zu DXA nicht signifikant verschieden eingeschätzt (Tabelle 52). Sie wurde jedoch in beiden Armen der Frauen stark unterschätzt (P < 0,001) und bei den Männern in den Beinen (P < 0,01), dem Rumpf (P < 0,001) und dem ganzen Körper (P < 0,001) überschätzt.

Absolute Fettmasse

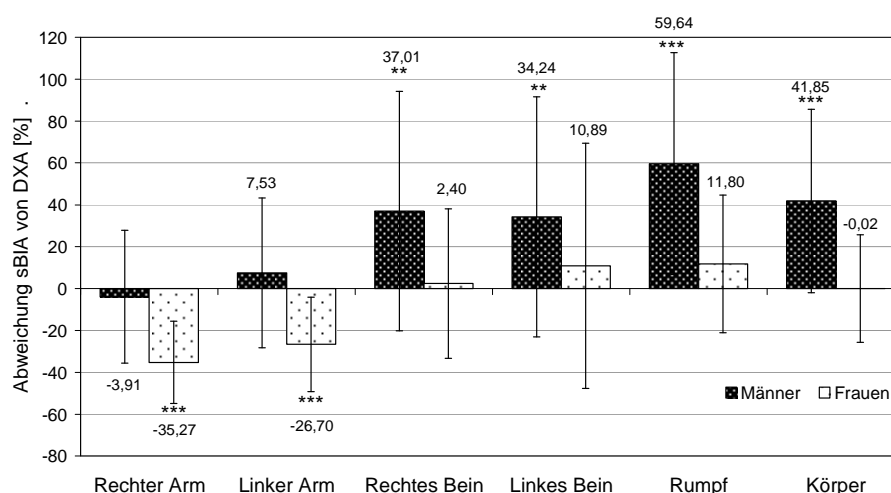


Abbildung 23 Mittlere Abweichung der absoluten Fettmasse gemessen mit sBIA verglichen mit DXA. Die Zahlen über bzw. unter den Balken geben die mittlere prozentuale Abweichung von sBIA zu DXA an.

DXA = Doppelröntgen-Absorptionsmessung; sBIA = segmentale Bioimpedanzanalyse

* P < 0,05; ** P < 0,01; *** P < 0,001

Tabelle 52 Vergleich von sBIA mit DXA hinsichtlich der absoluten Fettmasse mittels t-Test für gepaarte Stichproben

Körpersegment	Männer (N = 40)						Frauen (N = 32)					
	DXA		sBIA		t-Test		DXA		sBIA		t-Test	
	MW	SD	MW	SD	t	P	MW	SD	MW	SD	t	P
Arm rechts (kg)	1,14	0,37	1,04	0,34	1,582	0,122	1,62	0,46	1,04	0,45	8,210	< 0,001
Arm links (kg)	1,06	0,32	1,10	0,36	-0,610	0,545	1,54	0,46	1,11	0,48	5,807	< 0,001
Bein rechts (kg)	2,67	0,81	3,48	1,36	-3,726	0,001	4,53	1,32	4,38	1,47	0,536	0,596
Bein links (kg)	2,64	0,79	3,37	1,33	-3,358	0,002	4,35	1,42	4,32	1,49	0,100	0,921
Rumpf (kg)	9,26	3,28	13,63	3,56	-8,134	< 0,001	11,27	4,24	11,82	3,96	-0,814	0,422
Körper (kg)	16,77	5,25	22,59	6,42	-6,004	< 0,001	23,40	7,08	22,63	7,50	0,629	0,534

DXA = Doppelröntgen-Absorptionsmessung; sBIA = segmentale Bioimpedanzanalyse; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; FM = Fettmasse

Ein ähnliches Bild ergibt sich für die prozentuale Fettmasse (Abbildung 24). Diese wird bei den Männern in allen Segmenten und im ganzen Körper überschätzt (Tabelle 53). Mit Ausnahme des rechten Armes ist dies hoch signifikant ($P < 0,001$). Bei den Frauen ist die Einschätzung mittels sBIA zu DXA nicht signifikant verschieden für beide Beine, den Rumpf und den ganzen Körper. Die prozentuale Fettmasse wird in den Armen der Frauen unterschätzt ($P < 0,001$).

Prozentuale Fettmasse

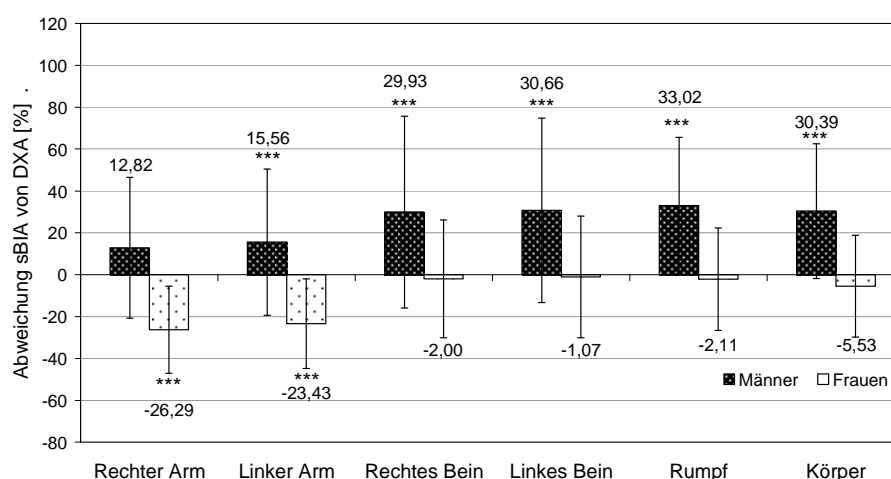


Abbildung 24 Mittlere Abweichung der prozentualen Fettmasse gemessen mit sBIA verglichen mit DXA. Die Zahlen über bzw. unter den Balken geben die mittlere prozentuale Abweichung von sBIA zu DXA an. DXA = Doppelröntgen-Absorptionsmessung; sBIA = segmentale Bioimpedanzanalyse

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$

Tabelle 53 Vergleich von sBIA mit DXA hinsichtlich der prozentualen Fettmasse mittels t-Test für gepaarte Stichproben

Körpersegment	Männer (N = 40)						Frauen (N = 32)					
	DXA		sBIA		t-Test		DXA		sBIA		t-Test	
	MW	SD	MW	SD	t	P	MW	SD	MW	SD	t	P
Arm rechts (%)	21,70	4,95	23,92	7,54	- ¹	- ¹	39,95	7,29	29,01	8,91	6,544	< 0,001
Arm links (%)	21,93	4,88	24,86	7,89	-2,462	0,018	40,49	6,76	30,54	8,98	5,849	< 0,001
Bein rechts (%)	20,82	4,94	26,06	9,11	-3,501	0,001	38,04	6,33	36,34	9,13	0,900	0,375
Bein links (%)	20,55	4,75	26,05	8,82	- ²	- ²	37,79	6,58	36,34	9,16	0,758	0,454
Rumpf (%)	22,33	5,07	28,80	6,39	-6,570	< 0,001	32,14	7,18	30,56	7,44	1,132	0,266
Körper (%)	21,66	4,25	27,74	6,92	-5,858	< 0,001	34,27	5,85	31,92	8,51	1,549	0,132

DXA = Doppelröntgen-Absorptionsmessung; sBIA = segmentale Bioimpedanzanalyse; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; FM = Fettmasse

¹ Wilcoxon-Test: Z = -1,412; P = 0,158

² Wilcoxon-Test: Z = -3,495; P < **0,001**

3.8.2 Genauigkeit auf Individualebene

Auf der Individualebene ist die prozentuale Abweichung der sBIA-Werte von den DXA-Werten hoch. Die Variationsbreite (maximale negative und positive Abweichung) war für die Muskelmasse bei den Männern im rechten Arm -54% bis +11%, im linken Arm -53% bis +33%, im rechten Bein -34% bis +30%, im linken Bein -36% bis +36% und im Rumpf -32% bis +28%. Bei den Frauen waren dies -34% bis +72% (rechter Arm), -21% bis +90% (linker Arm), -27% bis +39% (rechtes Bein), -22% bis +33% (linkes Bein) und -8% bis +60% (Rumpf).

Hinsichtlich der Fettmasse variierten die Abweichungen für die entsprechenden Segmente (rechter Arm, linker Arm, rechtes Bein, linkes Bein, Rumpf) bei Männern von -54% bis +82%, -41% bis +114%, -48% bis +198%, -43% bis +212% und -24% bis +206%. Bei den Frauen waren dies -72% bis +10%, -73% bis +40%, -69% bis +66%, -69% bis +258% und -60% bis +92%.

Diese Daten zeigen, dass es große individuelle prozentuale Abweichungen der sBIA-Werte von den DXA-Werten gibt. Bei beiden Geschlechtern waren die individuellen prozentualen Abweichungen der sBIA-Schätzungen gegenüber den DXA-Messungen bei der Muskelmasse in den Armen höher als in den Beinen. Im Unterschied hierzu waren bei der Fettmasse die Abweichungen in den Beinen höher als in den Armen.

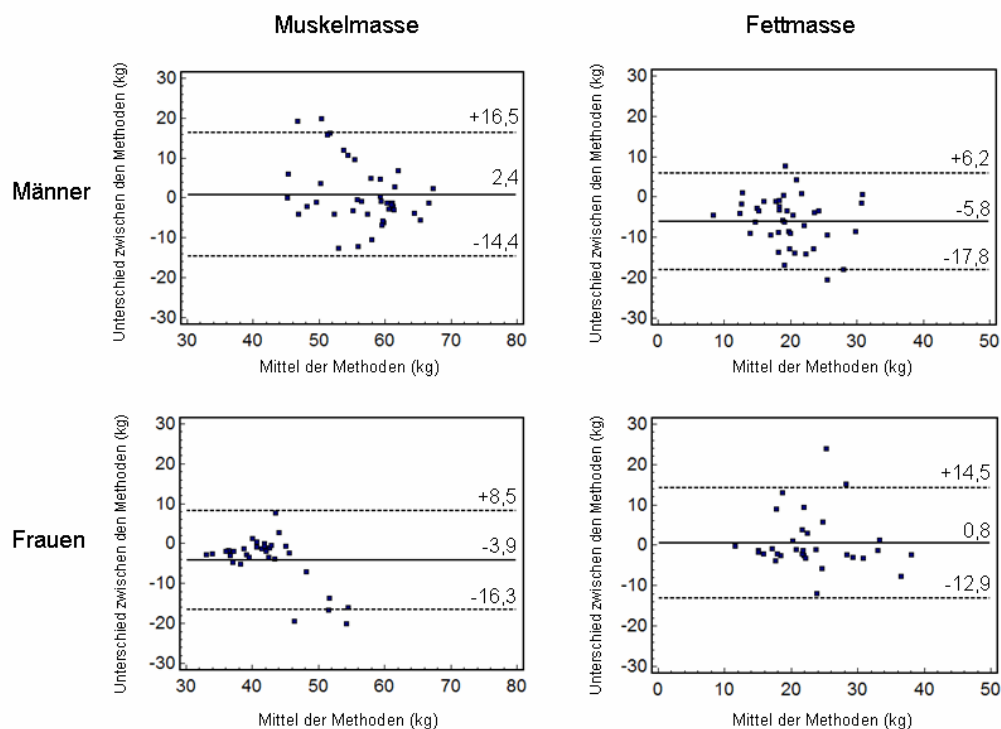


Abbildung 25 Bland-Altman-Plots der Unterschiede beider Methoden (DXA minus sBIA), die gegen das Mittel beider Methoden voneinander aufgetragen sind, dargestellt für die Ermittlung der Muskelmasse und Fettmasse getrennt für Männer und Frauen. Horizontale Linien zeigen die mittlere Abweichung $\pm 1,96$ SD der Unterschiede. DXA = Doppelröntgen-Absorptionsmessung, sBIA = segmentale Bioimpedanz, SD = Standardabweichung

Abbildung 25 zeigt Bland-Altman-Plots mit der Abweichung der sBIA von DXA (DXA-Werte minus sBIA-Werte) für den gesamten Körper, dargestellt für Muskel- und Fettmasse, differenziert nach Männern und Frauen. Wie in den Diagrammen zu erkennen ist, unterschätzt sBIA die Muskelmasse bei Männern und überschätzt sie bei Frauen. Bei der Fettmasse verhält es sich umgekehrt. Hier wird die Fettmasse mittels sBIA bei Männern überschätzt und bei Frauen unterschätzt. Weiterhin zeigen die Bland-Altman-Plots für beide Geschlechter einen systematischen Fehler hinsichtlich der absoluten Menge der Muskelmasse des ganzen Körpers. Der größte Unterschied zwischen den Methoden zeigt sich bei Männern mit geringer Muskelmasse und bei Frauen mit hoher Muskelmasse. Ein entsprechender Zusammenhang ist für die Fettmasse nicht erkennbar.

3.8.3 Einflussfaktoren auf die prozentuale Abweichung

Um Einflussfaktoren auf die prozentualen Abweichungen zu ermitteln, wurden Regressionsanalysen nach dem Einschlussverfahren zwischen der prozentualen Abweichung der Muskelmasse in Arm, Bein und Rumpf sowie der Fettmasse in Arm, Bein und Rumpf als abhängige

Variablen und verschiedenen unabhängigen Variablen (Alter, Geschlecht, BMI, direkte Armlänge rechts, Beinlänge rechts, Brustumfang, Taillenumfang, Bauchumfang, Hüftumfang, absolute mittels DXA gemessene Muskel- und Fettmasse von rechtem Arm, rechtem Bein und Rumpf) beispielhaft für die rechte Körperseite ausgeführt (Tabellen 54, 55). Diese zeigen, dass die absolute Muskelmasse des Arms gemessen mit DXA ein signifikanter Prädiktor für die prozentuale Abweichung der sBIA von DXA für die Bestimmung der Muskelmasse in Arm, Bein und Rumpf ist (Tabelle 54). Je höher die Muskelmasse ist, die mit DXA im Arm gemessen wird, desto stärker wird sie mittels sBIA unterschätzt (Arm: $\beta = -2,21$; Bein: $\beta = -1,42$; Rumpf: $\beta = -1,33$). Die absolute Muskelmasse des Beins ist ein zusätzlicher Prädiktor für Messabweichung zwischen den Methoden hinsichtlich der Bestimmung der Muskelmasse des Arms und des Rumpfes. Mit zunehmender Muskelmasse im Bein nimmt auch die Überschätzung der Muskelmasse in Arm und Rumpf zu (Arm: $\beta = 0,74$; Rumpf: $\beta = 0,90$). Das Geschlecht kann lediglich mit der Messabweichung zwischen den Methoden bei der Messung der Muskelmasse im Bein in Verbindung gebracht werden ($\beta = -0,70$).

Hinsichtlich der Fettmasse (Tabelle 55) kann keine unabhängige Variable gefunden werden, die einen signifikanten Einfluss auf die Messabweichung der sBIA von DXA für die Bestimmung der Fettmasse des Armes hat. Die Messabweichung der Fettmasse des Beines hingegen kann mit der absoluten Fettmasse des Beines, die mit DXA ermittelt wurde, in Verbindung gebracht werden. Je weniger Fettmasse mittels DXA gemessen wird, desto größer ist die Überschätzung ($\beta = -0,80$) durch sBIA. Ebenso besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Messabweichung im Rumpf und der absoluten Fettmasse gemessen mit DXA. Die Überschätzung durch sBIA ist auch hier umso größer, je weniger Fett im Rumpf mit DXA gemessen wird ($\beta = -1,11$). Auch das Geschlecht hat einen signifikanten Einfluss auf die Messabweichung bei der Bestimmung der Fettmasse des Rumpfes ($\beta = -0,76$).

Tabelle 54 Zusammenhänge zwischen verschiedenen unabhängigen Variablen und der prozentualen Abweichung der sBIA-Werte von den DXA-Werten in der Muskelmasse (abhängige Variablen) zur Bestimmung der Muskelmasse bei 72 älteren Probanden, bestimmt mit Regressionsanalysen. Signifikante Zusammenhänge sind in Fettdruck markiert

Unabhängige Variablen	Abhängige Variablen (prozentuale Abweichung der Muskelmasse)														
	Rechter Arm					Rechtes Bein					Rumpf ^c				
	Allgemeines Modell: R ² = 0,58; SEE = 16,72; F = 5,18; P < 0,001					Allgemeines Modell: R ² = 0,42; SEE = 12,24; F = 2,69; P = 0,004					Allgemeines Modell: R ² = 0,37; SEE = 14,72; F = 2,23; P = 0,016				
	b	SE	β	t	P	b	SE	β	t	P	b	SE	β	t	P
Alter (Jahre)	0,34	100,874	0,07	0,65	0,517	0,24	0,39	0,08	0,61	0,545	0,45	0,46	0,13	0,97	0,335
Geschlecht	-11,12	0,527	-0,24	-0,94	0,352	-19,83	8,67	-0,70	-2,29	0,026	-18,17	10,43	-0,55	-1,74	0,087
BMI (kg/m ²)	2,81	11,842	0,38	1,11	0,273	2,49	1,86	0,55	1,34	0,186	2,17	2,23	0,41	0,97	0,336
Direkte Armlänge rechts (cm)	1,75	2,538	0,4	1,33	0,189	1,42	0,96	0,52	1,47	0,147	1,55	1,16	0,49	1,34	0,185
Beinlänge (cm)	-0,34	1,317	-0,09	-0,34	0,733	-0,49	0,72	-0,21	-0,67	0,505	-0,46	0,87	-0,18	-0,53	0,596
Brustumfang (cm)	-0,36	0,988	-0,15	-0,49	0,624	-0,35	0,53	-0,23	-0,65	0,518	-0,36	0,64	-0,21	-0,56	0,576
Taillenumfang (cm)	-0,42	0,725	-0,18	-0,62	0,539	-0,49	0,50	-0,34	-0,99	0,329	-0,59	0,60	-0,35	-0,98	0,330
Bauchumfang (cm)	0,19	0,678	0,08	0,34	0,739	0,38	0,41	0,26	0,93	0,356	0,47	0,49	0,27	0,96	0,344
Hüftumfang (cm)	-0,2	0,554	-0,07	-0,32	0,749	0,16	0,46	0,09	0,36	0,721	-0,03	0,55	-0,01	-0,06	0,955
Abs. MM, rechter Arm (kg)	-57,63	0,621	-2,21	-5,62	< 0,001	-23,04	7,51	-1,42	-3,07	0,003	-25,00	9,03	-1,33	-2,77	0,008
Abs. MM, rechtes Bein (kg)	10,11	10,258	0,74	2,59	0,012	-3,80	2,86	-0,45	-1,33	0,190	8,79	3,44	0,90	2,55	0,013
Abs. MM, Rumpf (kg)	2,81	3,91	0,61	1,64	0,108	1,71	1,26	0,60	1,36	0,179	-1,80	1,51	-0,55	-1,19	0,238
Abs. FM, rechter Arm (kg)	4,22	1,718	0,09	0,35	0,726	2,40	8,76	0,08	0,27	0,785	2,17	10,54	0,06	0,21	0,838
Abs. FM, rechtes Bein (kg)	-1,31	11,968	-0,08	-0,32	0,748	-1,25	2,96	-0,12	-0,42	0,674	-1,36	3,56	-0,12	-0,38	0,703
Abs. FM, Rumpf (kg)	-0,38	4,04	-0,06	-0,24	0,812	-0,59	1,17	-0,16	-0,51	0,615	-0,45	1,41	-0,10	-0,32	0,753

DXA = Doppelröntgen-Absorptionsmessung; FM = Fettmasse; Abs. MM = Absolute Muskelmasse gemessen mit DXA; R² = Determinationskoeffizient; SE = Standardfehler; SEE = Standardfehler der Schätzung; F = Prüfgröße; P = Signifikanz; b = unstandardisierter Regressionskoeffizient; β = standardisierter Regressionskoeffizient

Tabelle 55 Zusammenhänge zwischen verschiedenen unabhängigen Variablen und der prozentualen Abweichung der sBIA-Werte von den DXA-Werten in der Fettmasse (abhängige Variablen) zur Bestimmung der Fettmasse bei 72 älteren Probanden, bestimmt mit Regressionsanalysen. Signifikante Zusammenhänge sind in Fettdruck markiert

Unabhängige Variablen	Abhängige Variablen														
	Rechter Arm					Rechtes Bein					Rumpf ^c				
	Allgemeines Modell:					Allgemeines Modell:					Allgemeines Modell:				
	R ² = 0,44; SEE = 26,36; F = 2,88; P = 0,002					R ² = 0,39; SEE = 45,24; F = 2,41; P = 0,009					R ² = 0,62; SEE = 35,13; F = 6,18; P < 0,001				
	b	SE	β	t	P	b	SE	β	t	P	b	SE	β	t	P
Alter (Jahre)	-0,48	0,83	-0,07	-0,573	0,569	-1,58	1,43	-0,15	-1,110	0,272	-1,42	1,11	-0,14	-1,278	0,207
Geschlecht	-31,49	18,68	-0,51	-1,686	0,097	8,12	32,04	0,08	0,254	0,801	-76,67	24,89	-0,76	-3,081	0,003
BMI (kg/m ²)	2,64	4,00	0,27	0,659	0,513	-3,32	6,87	-0,20	-0,483	0,631	5,58	5,33	0,34	1,046	0,300
Direkte Armlänge rechts (cm)	0,91	2,08	0,15	0,438	0,663	-1,60	3,56	-0,16	-0,450	0,654	1,77	2,77	0,18	0,641	0,524
Beinlänge (cm)	-0,76	1,56	-0,15	-0,487	0,628	-0,52	2,67	-0,06	-0,195	0,846	0,40	2,08	0,05	0,193	0,848
Brustumfang (cm)	0,97	1,14	0,30	0,849	0,400	2,17	1,96	0,40	1,107	0,273	1,88	1,52	0,35	1,237	0,221
Taillenumfang (cm)	-1,47	1,07	-0,47	-1,373	0,175	-0,62	1,83	-0,12	-0,335	0,739	-2,19	1,42	-0,43	-1,535	0,130
Bauchumfang (cm)	1,18	0,87	0,37	1,356	0,181	0,21	1,50	0,04	0,141	0,888	1,73	1,16	0,33	1,484	0,143
Hüftumfang (cm)	0,87	0,98	0,21	0,882	0,381	1,25	1,68	0,18	0,746	0,459	2,09	1,31	0,31	1,597	0,116
Abs. MM, rechter Arm (kg)	-18,72	16,18	-0,53	-1,157	0,252	8,86	27,76	0,15	0,319	0,751	-21,42	21,56	-0,37	-0,994	0,325
Abs. MM, rechtes Bein (kg)	-7,03	6,17	-0,38	-1,139	0,259	-14,65	10,58	-0,48	-1,385	0,172	-12,94	8,22	-0,43	-1,575	0,121
Abs. MM, Rumpf (kg)	2,62	2,71	0,42	0,967	0,338	2,64	4,65	0,26	0,568	0,573	-1,65	3,61	-0,16	-0,456	0,650
Abs. FM, rechter Arm (kg)	-31,20	18,88	-0,48	-1,653	0,104	35,00	32,39	0,32	1,081	0,284	-8,43	25,15	-0,08	-0,335	0,739
Abs. FM, rechtes Bein (kg)	-0,22	6,37	-0,01	-0,034	0,973	-29,05	10,93	-0,80	-2,658	0,010	5,04	8,49	0,14	0,594	0,555
Abs. FM, Rumpf (kg)	-2,80	2,52	-0,35	-1,111	0,271	-1,86	4,32	-0,14	-0,429	0,670	-14,68	3,36	-1,11	-4,373	< 0,001

DXA = Doppelröntgen-Absorptionsmessung; FM = Fettmasse; Abs. MM = Absolute Muskelmasse gemessen mit DXA; R² = Determinationskoeffizient; SE = Standardfehler; SEE = Standardfehler der Schätzung; F = Prüfgröße; P = Signifikanz; b = unstandardisierter Regressionskoeffizient; β = standardisierter Regressionskoeffizient

Korrelationsanalysen zeigen, dass die Abweichung der Muskelmasse gemessen mit sBIA signifikant und negativ mit der absoluten Muskelmasse gemessen mit DXA im jeweiligen Segment beim linken Arm ($r = -0,41$, $P = 0,008$), rechten Bein ($r = 0,33$, $P = 0,040$) und Rumpf ($r = -0,54$, $P < 0,001$) korreliert (Abbildung 26). Der P-Wert des linken Beins nähert sich dem Signifikanzlevel ($r = -0,31$, $P = 0,053$). Bei Frauen gibt es signifikante negative Zusammenhänge bei den Armen (rechter Arm: $r = -0,55$, $P = 0,001$; linker Arm: $r = -0,49$, $P = 0,005$), allerdings nicht für die Beine und den Rumpf (je $P > 0,05$). Die sBIA überschätzt die Muskelmasse insbesondere bei den Frauen mit niedriger Muskelmasse in den Armen. Bei Männern mit viel Muskelmasse in den Beinen unterschätzt sie die Muskelmasse in den Beinen.

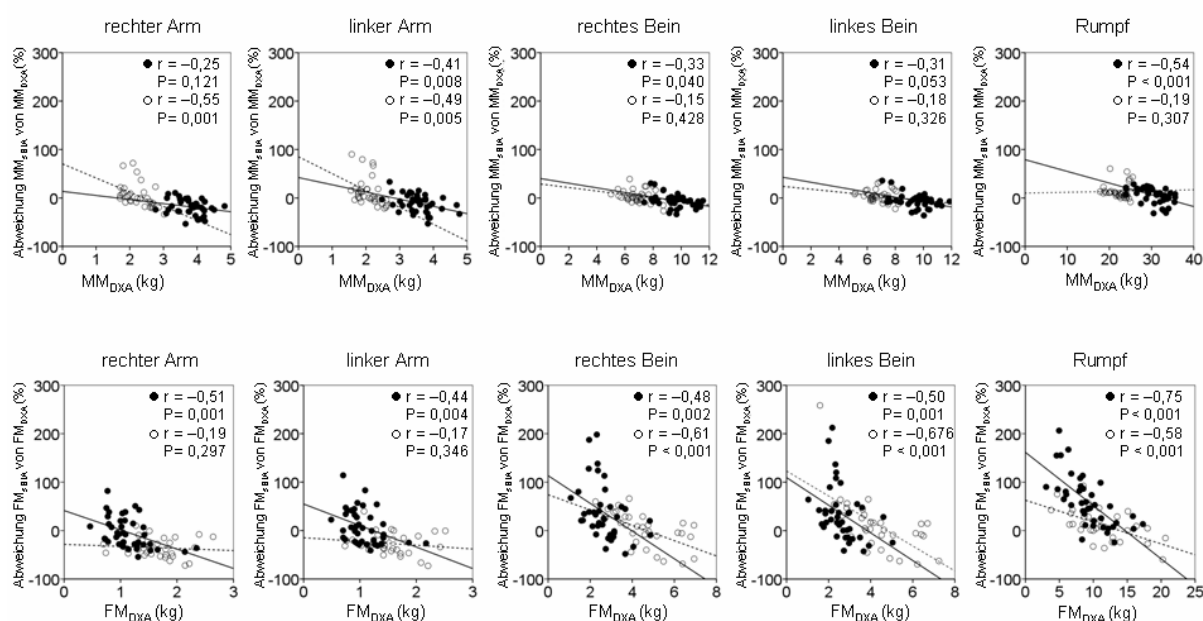


Abbildung 26 Verhältnis zwischen den prozentualen Abweichungen der sBIA-Werte von den DXA-Werten für die Muskelmasse (MM) und die Fettmasse (FM). sBIA = segmentale Bioimpedanzanalyse, DXA = Doppellöntgen-Absorptionsmessung, r = Korrelationskoeffizienten nach Pearson, ● Männer, ○ Frauen

Die Abweichungen zwischen den Methoden zur Bestimmung der Fettmasse korrelieren ebenfalls negativ und signifikant mit der absoluten Menge an Fettmasse gemessen mit DXA im jeweiligen Segment bei den Männern in den Armen (rechter Arm: $r = -0,51$, $P = 0,001$; linker Arm: $r = -0,44$, $P = 0,004$), den Beinen (rechtes Bein: $r = -0,48$, $P = 0,002$; linkes Bein: $r = -0,50$, $P = 0,001$) und dem Rumpf ($r = -0,75$, $P < 0,001$). Die segmentale BIA überschätzt die Fettmasse bei den Männern mit niedriger Fettmasse in den Armen, den Beinen und dem Rumpf. Bei den Frauen gibt es ebenfalls signifikante negative Zusammenhänge bei den Beinen (rechtes Bein: $r = -0,61$, $P < 0,001$; linkes Bein: $r = -0,68$, $P < 0,001$) und dem Rumpf ($r = -0,58$, $P < 0,001$), allerdings nicht bei den Armen ($P > 0,05$). Es zeigt sich, dass die sBIA die Fettmasse bei Frauen mit hoher Fettmasse in den Beinen und dem Rumpf unterschätzt.

3.9 Vergleich von Messtechnik und Elektrodenpositionierung der segmentalen MF-BIA

3.9.1 Vergleich der Messtechniken

Tabelle 56 gibt einen Überblick über die Mittelwerte der direkten Messwerte R, Xc und ϕ des ganzen Körpers, gemessen bei den drei Frequenzen 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz bei den drei miteinander verglichenen Messtechniken. Die entsprechenden mittleren Werte für den rechten und linken Arm sowie das rechte und linke Bein sind in den Tabellen 57 und 58 dargestellt. Die Abbildungen 27-29 zeigen die mittleren Werte für R, Xc und ϕ getrennt für Männer und Frauen.

Tabelle 56 Mittelwerte der direkten Messwerte R, Xc und ϕ des ganzen Körpers bei Technik 1, 2 und 3, dargestellt für Männer und Frauen

direkter Messwert	f (kHz)	Männer (N = 28)						Frauen (N = 40)					
		Technik 1		Technik 2		Technik 3		Technik 1		Technik 2		Technik 3	
		MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD
R (Ω)	5	545,64	49,61	529,04	49,75	537,39	49,02	660,28	53,41	643,98	49,55	651,33	51,39
	50	477,39	45,96	455,93	67,62	472,93	45,33	588,23	48,75	578,50	46,16	584,80	47,66
	100	455,46	53,71	441,93	44,90	448,32	43,93	560,30	47,41	550,28	44,20	557,88	45,96
Xc (Ω)	5	25,82	4,64	23,18	5,62	23,79	5,20	30,23	4,66	27,93	3,56	28,23	3,72
	50	49,29	5,72	50,07	8,21	47,50	5,52	54,85	6,49	58,63	6,70	52,73	5,91
	100	42,57	5,30	49,32	5,07	41,68	4,49	49,40	6,12	59,85	7,17	48,13	5,60
ϕ ($^\circ$)	5	2,72	0,47	2,51	0,60	2,64	0,81	2,63	0,36	2,48	0,27	2,48	0,29
	50	5,92	0,74	6,27	0,65	5,76	0,68	5,33	0,52	5,80	0,48	5,17	0,48
	100	5,41	0,82	6,38	0,50	5,34	0,58	5,04	0,49	6,23	0,48	4,93	0,43

R = Resistanz; Xc = Reaktanz; ϕ = Phasenwinkel; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; f = Frequenz; Technik 1 = direkte Messungen; Technik 2 = Messungen mittels Schaltgerät; Technik 3 = Messungen ohne Schaltgerät unter Nutzung der Equipotentiale

Tabelle 57 Mittelwerte der direkten Messwerte R, Xc und ϕ des rechten und des linken Arms bei Technik 1, 2 und 3 dargestellt für Männer und Frauen

Körpersegment	direkter Messwert	f (kHz)	Männer (N = 28)						Frauen (N = 40)					
			Technik 1		Technik 2		Technik 3		Technik 1		Technik 2		Technik 3	
			MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD
Arm rechts	R (Ω)	5	244,43	26,26	263,36	30,88	264,96	28,75	309,80	28,20	334,98	28,13	338,30	29,13
		50	214,04	25,81	231,43	29,56	232,32	27,42	279,05	26,38	300,03	32,90	298,18	50,73
		100	203,00	25,45	219,39	28,85	220,68	27,15	266,50	25,43	288,93	25,76	292,98	26,82
	Xc (Ω)	5	12,36	4,31	13,82	3,26	13,54	3,33	13,68	4,80	14,80	2,15	15,20	2,37
		50	20,93	2,12	23,46	2,49	21,29	2,39	23,35	3,51	26,45	3,24	23,40	3,06
		100	17,36	1,52	20,43	2,19	16,64	1,75	20,55	4,08	24,85	3,47	18,60	2,83
	ϕ ($^\circ$)	5	2,95	1,18	3,03	0,71	2,92	0,68	2,39	0,31	2,55	0,34	2,57	0,39
		50	5,68	0,75	5,83	0,64	5,30	0,71	4,78	0,64	5,01	0,50	4,35	0,51
		100	4,97	0,58	5,36	0,48	4,34	0,56	4,42	0,82	4,91	0,50	3,65	0,50
Arm links	R (Ω)	5	251,18	27,76	269,21	28,83	272,36	29,78	318,33	27,69	345,53	29,99	347,53	30,13
		50	220,71	26,80	237,32	27,30	240,36	28,25	288,95	27,17	313,18	28,21	315,58	28,06
		100	210,25	26,44	225,25	26,81	229,00	28,11	276,08	25,55	299,60	27,42	302,60	27,42
	Xc (Ω)	5	11,86	3,80	14,07	3,11	13,25	2,85	12,73	2,62	14,75	2,76	14,18	2,51
		50	20,82	2,72	23,61	2,59	21,68	2,53	23,00	3,00	26,80	3,41	23,25	3,19
		100	17,96	1,80	20,75	2,24	17,18	2,88	20,58	2,75	25,80	3,58	19,25	2,87
	ϕ ($^\circ$)	5	2,72	0,97	2,99	0,66	2,85	0,60	2,46	1,00	2,46	0,39	2,34	0,39
		50	5,53	0,66	5,71	0,65	5,18	0,66	4,57	0,53	4,90	0,50	4,22	0,52
		100	4,93	0,50	5,27	0,47	4,25	0,57	4,28	0,50	4,99	0,66	3,74	0,81

R = Resistanz; Xc = Reaktanz; ϕ = Phasenwinkel; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; f = Frequenz;

Technik 1 = direkte Messungen; Technik 2 = Messungen mittels Schaltgerät; Technik 3 = Messungen ohne Schaltgerät unter Nutzung der Equipotentiale

Tabelle 58 Mittelwerte der direkten Messwerte R, Xc und ϕ des rechten und des linken Beins bei Technik 1, 2 und 3 dargestellt für Männer und Frauen

Körpersegment	direkter Messwert	f (kHz)	Männer (N = 28)						Frauen (N = 40)					
			Technik 1		Technik 2		Technik 3		Technik 1		Technik 2		Technik 3	
			MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD
Bein rechts	R (Ω)	5	286,25	45,51	246,29	32,58	256,54	26,68	326,23	29,41	297,38	83,85	299,73	28,99
		50	242,96	24,55	214,46	21,85	225,93	23,43	286,55	25,62	255,15	25,66	265,75	25,82
		100	230,18	23,41	207,32	31,48	215,07	22,42	272,25	24,38	242,38	24,57	253,50	24,67
	Xc (Ω)	5	14,36	3,18	10,11	2,35	12,43	2,70	16,33	3,22	12,50	4,26	13,98	2,58
		50	25,43	3,95	23,93	3,62	20,54	3,64	28,60	4,17	27,80	3,82	23,08	3,74
		100	21,50	3,27	28,50	26,59	15,39	3,04	24,38	3,59	28,25	4,00	17,53	3,06
	ϕ (°)	5	2,92	0,53	2,40	0,45	2,79	0,49	2,85	0,45	2,41	0,35	2,67	0,39
		50	6,00	0,78	6,35	0,77	5,18	0,82	5,71	0,64	6,21	0,63	4,96	0,65
		100	5,32	0,69	6,61	0,67	4,12	0,74	5,13	0,58	6,64	0,58	3,95	0,59
Bein links	R (Ω)	5	278,64	28,80	241,07	23,40	255,29	25,80	353,38	94,37	282,23	26,35	300,53	27,18
		50	242,18	24,73	212,39	20,73	224,29	22,79	311,03	83,47	251,00	23,43	266,83	24,04
		100	229,61	23,66	201,46	20,12	213,54	22,05	295,28	79,79	238,38	22,32	254,23	23,25
	Xc (Ω)	5	14,64	3,19	10,68	2,23	12,46	2,80	17,98	5,43	11,78	1,92	14,13	2,21
		50	25,57	4,69	23,96	4,03	20,36	4,00	30,88	8,49	27,58	3,73	23,10	3,76
		100	21,68	4,06	23,54	3,68	15,36	3,25	27,33	8,19	28,28	3,76	17,73	2,96
	ϕ (°)	5	2,99	0,56	2,55	0,44	2,80	0,56	2,88	0,39	2,38	0,33	2,69	0,37
		50	6,05	1,01	6,42	0,96	5,19	0,98	5,70	0,65	6,29	0,58	4,86	0,87
		100	5,57	0,77	6,68	0,84	4,10	0,84	5,30	0,84	6,76	0,54	3,98	0,55

R = Resistanz; Xc = Reaktanz; ϕ = Phasenwinkel; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; f = Frequenz;

Technik 1 = direkte Messungen; Technik 2 = Messungen mittels Schaltgerät; Technik 3 = Messungen ohne Schaltgerät unter Nutzung der Equipotentiale

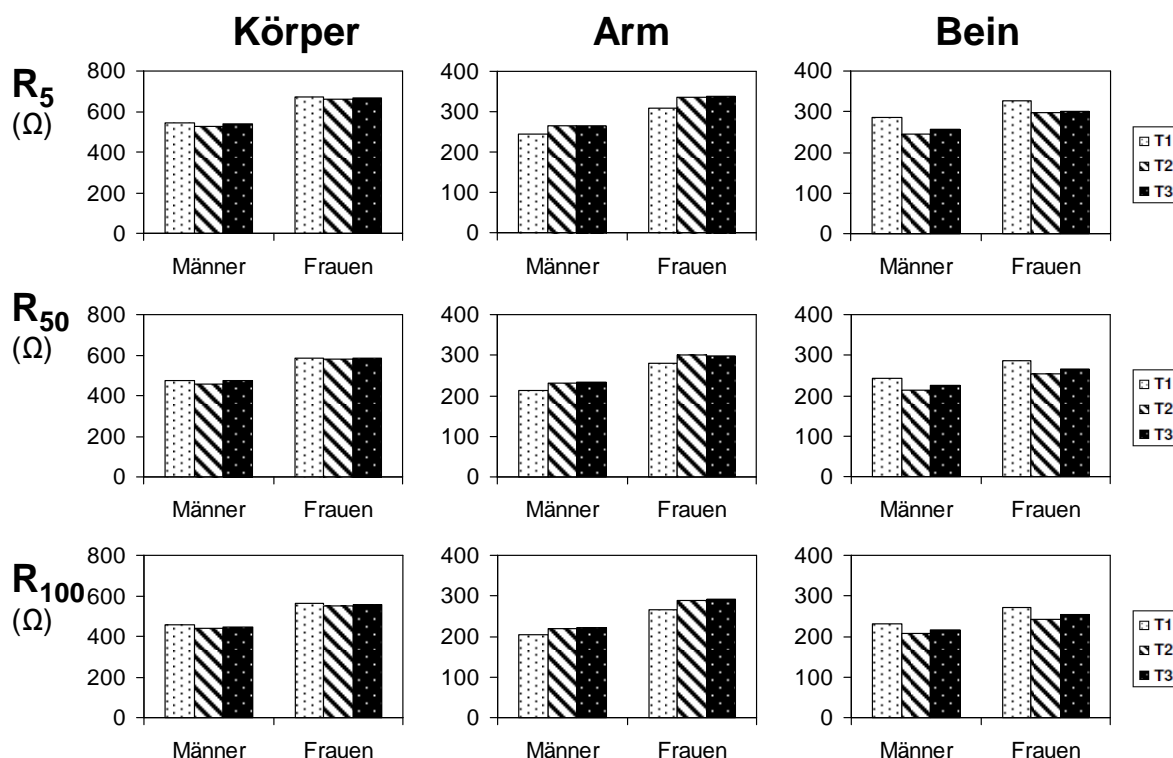


Abbildung 27 Mittelwerte der drei Techniken zur Bestimmung der Resistanz bei den Frequenzen 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz für Körper, rechten Arm und rechtes Bein. T1 = Technik 1 (direkte Messungen); T2 = Technik 2 (Messungen mittels Schaltgerät); T3 = Technik 3 (Messungen ohne Schaltgerät unter Nutzung der Equipotentiale); R5 = Resistanz bei 5 kHz; R50 = Resistanz bei 50 kHz; R100 = Resistanz bei 100 kHz; Körper = Ganzkörpermessung; Arm = rechter Arm; Bein = rechtes Bein.

Unterschiede zwischen den drei Messtechniken bezogen auf R , X_c und ϕ bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz für den ganzen Körper sowie die Arme und die Beine wurden mittels ANOVA für Messwiederholungen bestimmt (Tabelle 59). Es ist ein signifikanter Technikeffekt zu erkennen. Die drei Techniken unterscheiden sich signifikant voneinander hinsichtlich der meisten Variablen (43 von 45) für den ganzen Körper, Arme und Beine. Nur der Phasenwinkel der Arme bei 5 kHz unterscheidet sich statistisch nicht signifikant zwischen den Techniken.

Bei knapp der Hälfte (19/45) der Variablen gibt es außerdem eine Interaktion des Geschlechts und der Technik (Tabelle 59). Diese Interaktion gilt für die Variablen des ganzen Körpers (X_{c50} , X_{c100} , ϕ_{50} , ϕ_{100}), des rechten Arms (R_5 , R_{100} , X_{c100}), des linken Arms (R_5 , R_{50} , R_{100} , X_{c50} , X_{c100} , ϕ_{50} , ϕ_{100}), des rechten Beins (X_{c50} , ϕ_{50} , ϕ_{100}) und des linken Beins (X_{c5} , X_{c100}). Die Resistanzmessungen zeigen signifikante Technik-Geschlecht-Interaktionen für die Variablen der Arme, aber nicht für die der Beine oder des ganzen Körpers. Generell sind die Resistanzwerte bei den Frauen größer als bei den Männern.

Tabelle 59 Unterschiede zwischen drei Bioimpedanzanalysetechniken bei 68 Probanden, analysiert mit ANOVA für Messwiederholungen. Haupteffekte und Interaktionseffekte auf die Bioimpedanzanalysevariablen sind für den ganzen Körper, den rechten und linken Arm und das rechte und linke Bein dargestellt.

Körpersegment	Direkter Messwert	f (kHz)	Technik			Technik × Geschlecht		
			F	P	Partielles η^2	F	P	Partielles η^2
Ganzer Körper	R [Ω]	5	129,033	<0,001	0,662	0,127	0,811	0,002
		50	9,262	<0,001	0,123	1,487	0,228	0,022
		100	35,665	<0,001	0,351	1,526	0,224	0,023
	Xc	5	40,361	<0,001	0,379	0,207	0,716	0,003
		50	48,869	<0,001	0,425	9,121	<0,002	0,121
		100	409,816	<0,001	0,861	18,500	<0,001	0,219
	φ [°]	5	7,750	0,001	0,105	0,919	0,387	0,014
		50	492,073	<0,001	0,882	7,217	0,002	0,099
		100	444,57	<0,001	0,871	5,11	0,018	0,072
Arm rechts	R [Ω]	5	628,76	<0,001	0,905	15,15	<0,001	0,187
		50	15,24	<0,001	0,188	0,11	0,798	0,002
		100	555,45	<0,001	0,894	19,35	<0,001	0,227
	Xc	5	4,75	0,025	0,067	0,24	0,677	0,004
		50	75,54	<0,001	0,534	1,49	0,230	0,022
		100	131,34	<0,001	0,666	7,38	0,004	0,101
	φ [°]	5	1,24	0,286	0,018	1,02	0,345	0,015
		50	90,38	<0,001	0,578	1,09	0,318	0,016
		100	139,52	<0,001	0,679	1,64	0,205	0,024
Arm links	R [Ω]	5	577,61	<0,001	0,897	18,76	<0,001	0,221
		50	682,53	<0,001	0,912	19,06	<0,001	0,224
		100	403,97	<0,001	0,860	15,09	<0,001	0,186
	Xc	5	21,08	<0,001	0,242	0,08	0,855	0,001
		50	170,47	<0,001	0,721	9,20	0,001	0,122
		100	240,91	<0,001	0,785	21,28	0,001	0,244
	φ [°]	5	1,10	0,305	0,016	0,99	0,331	0,015
		50	324,89	<0,001	0,831	6,58	0,003	0,091
		100	122,87	<0,001	0,651	3,49	0,039	0,050
Bein rechts	R [Ω]	5	18,42	<0,001	0,218	0,45	0,550	0,007
		50	340,75	<0,001	0,838	1,44	0,239	0,021
		100	128,90	<0,001	0,661	2,22	0,137	0,033
	Xc	5	70,68	<0,001	0,517	0,78	0,430	0,012
		50	613,00	<0,001	0,903	9,09	<0,001	0,121
		100	25,52	<0,001	0,279	0,48	0,493	0,007
	φ [°]	5	50,55	<0,001	0,434	0,88	0,403	0,013
		50	938,96	<0,001	0,934	3,48	0,042	0,050
		100	2779,51	<0,001	0,977	6,07	0,004	0,084
Bein links	R [Ω]	5	32,25	<0,001	0,328	3,48	0,066	0,050
		50	27,47	<0,001	0,294	3,51	0,064	0,051
		100	26,58	<0,001	0,287	3,45	0,067	0,050
	Xc	5	82,15	<0,001	0,555	4,25	0,034	0,061
		50	69,09	<0,001	0,511	2,72	0,101	0,040
		100	151,54	<0,001	0,697	4,26	0,038	0,061
	φ [°]	5	87,28	<0,001	0,569	0,47	0,614	0,007
		50	413,10	<0,001	0,867	3,34	0,057	0,048
		100	563,01	<0,001	0,895	2,40	0,121	0,035

R = Resistanz, Xc = Reaktanz, φ = Phasenwinkel; f = Frequenz; partielles η^2 = Effektgröße

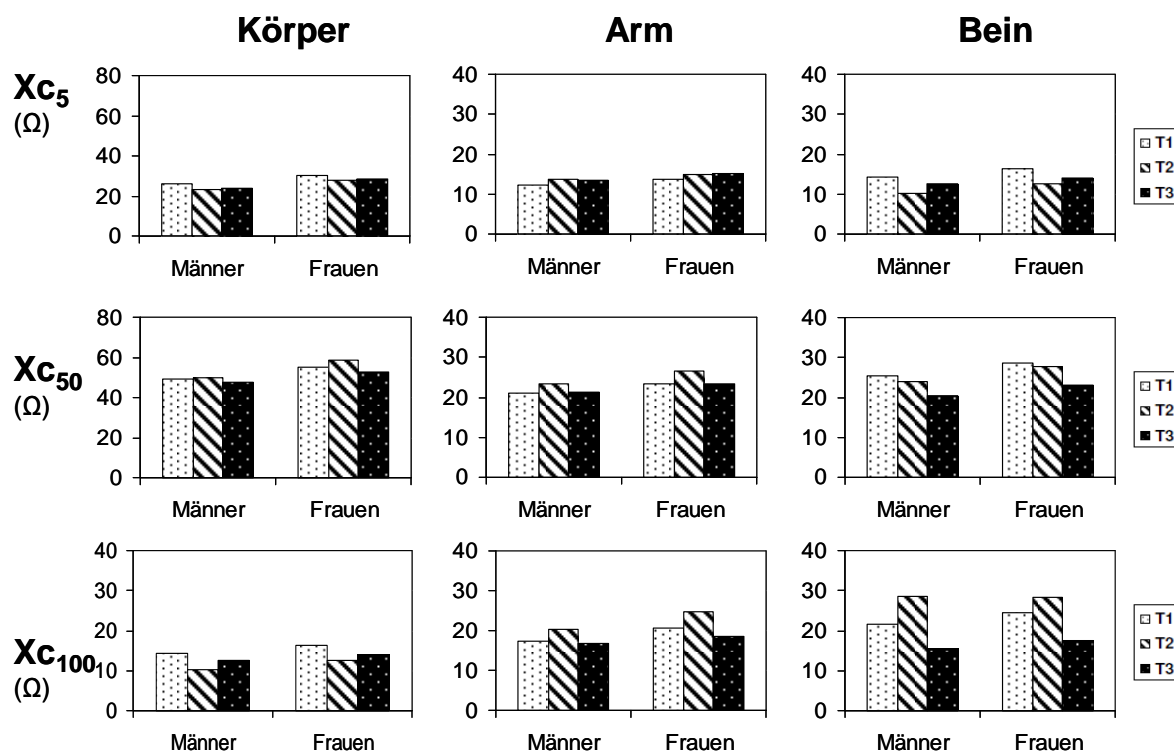


Abbildung 28 Mittelwerte der drei Techniken zur Bestimmung der Reaktanz bei den Frequenzen 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz für Körper, rechten Arm und rechtes Bein. T1 = Technik 1 (direkte Messungen); T2 = Technik 2 (Messungen mittels Schaltgerät); T3 = Technik 3 (Messungen ohne Schaltgerät unter Nutzung der Equipotentiale); R5 = Resistanz bei 5 kHz; R50 = Resistanz bei 50 kHz; R100 = Resistanz bei 100 kHz; Körper = Ganzkörpermessung; Arm = rechter Arm; Bein = rechtes Bein.

Da die Einsetzbarkeit von T2 untersucht werden sollte, wurden jeweils die Unterschiede von T2 zu T1 und T2 zu T3 mittels t-Test für gepaarte Stichproben ermittelt. (Tabelle 60). Für den ganzen Körper bei Männern und Frauen sind die Resistanzwerte bei T1 und T3 jeweils signifikant größer (jedes $P < 0,001$) als bei T2. Nur bei 50 kHz bei den Männern gibt es keine signifikanten Unterschiede von T2 zu T1 und T2 zu T3 ($P > 0,05$). Die Reaktanz ist bei 5 kHz bei Männern und Frauen mit T2 signifikant kleiner als mit T1 ($P < 0,001$), während sie sich gegenüber T3 nicht signifikant unterscheidet. Bei 50 kHz und bei 100 kHz ist die Reaktanz bei T2 gegenüber T1 sowie T3 signifikant größer ($P < 0,001$ bzw. $P < 0,05$). Ausnahme bildet X_c bei 50 kHz, hier unterscheidet sich T2 nicht signifikant von T1. Der Phasenwinkel bei 5 kHz ist mit T2 signifikant kleiner als mit T1, unterscheidet sich aber nicht signifikant von T3. Bei 50 kHz und 100 kHz ist ϕ bei T2 signifikant größer sowohl bei T1 als auch bei T3 (jedes $P < 0,001$).

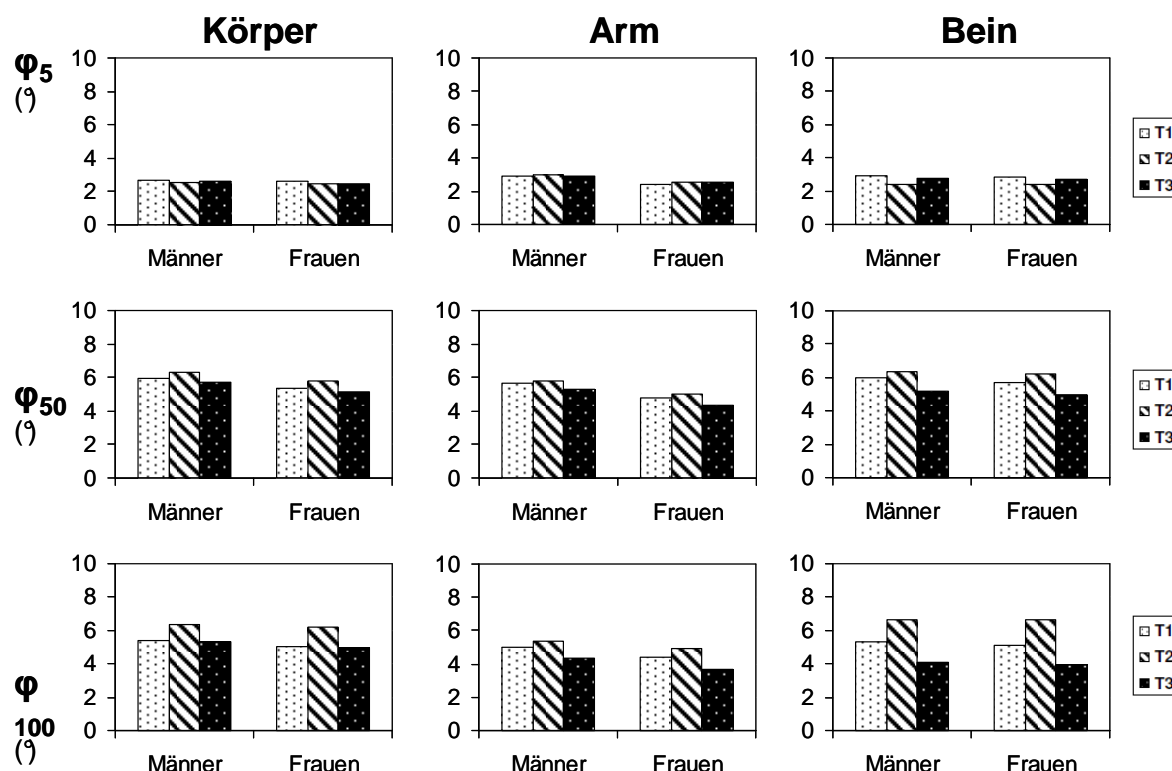


Abbildung 29 Mittelwerte der drei Techniken zur Bestimmung des Phasenwinkels bei den Frequenzen 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz für Körper, rechten Arm und rechtes Bein. T1 = Technik 1 (direkte Messungen); T2 = Technik 2 (Messungen mittels Schaltgerät); T3 = Technik 3 (Messungen ohne Schaltgerät unter Nutzung der Equipotentiale); R5 = Resistanz bei 5 kHz; R50 = Resistanz bei 50 kHz; R100 = Resistanz bei 100 kHz; Körper = Ganzkörpermessung; Arm = rechter Arm; Bein = rechtes Bein.

Für die Resistanzwerte beider Arme gilt für Männer und Frauen, dass mit T2 signifikant größere Messwerte erzielt werden als mit T1, jedoch signifikant kleinere als mit T3. Ausnahmen gibt es im rechten Arm bei den Männern bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz, bei den Frauen bei 50 kHz und im linken Arm bei den Frauen bei 5 kHz: hier unterscheiden sich T2 und T3 nicht signifikant. Bei der Reaktanz werden bei Männern und Frauen in rechtem und linkem Arm bei 50 kHz und 100 kHz signifikant größere Werte mit T2 gegenüber T1 und T3 erzielt. Auch der Phasenwinkel ist auf rechter und linker Körperseite bei Männern und Frauen bei 50 kHz und 100 kHz mit T2 signifikant größer als mit T1 und T3 ($P < 0,001$ bzw. $P < 0,01$). Bei 5 kHz unterscheiden sich bei den Männern auf beiden Körperseiten T2 und T1 nicht signifikant, auf der rechten Körperseite unterscheiden sich T2 und T3 ebenfalls nicht signifikant, auf der linken Seite sind die Werte mit T2 signifikant größer als mit T3 ($P < 0,05$). Bei den Frauen sind auf beiden Körperseiten die Messwerte mit T2 signifikant größer als mit T1 ($P > 0,01$ bzw. $P < 0,05$), auf der linken Körperseite mit T2 signifikant größer als mit T3 ($P < 0,01$). Auf der rechten Körperseite unterscheiden sich die Messwerte mit T2 und mit T3 nicht signifikant.

Tabelle 60 Vergleich der Bioimpedanzanalysetechnik 2 mit den Techniken 1 und 3 mittels t-Test für verbundene Stichproben

Körpersegment	Direkter Messwert	f (kHz)	Männer (N = 28)				Frauen (N = 40)			
			Vergleich von T2 zu T1		Vergleich von T2 zu T3		Vergleich von T2 zu T1		Vergleich von T2 zu T3	
			t	P	T	P	t	P	t	P
Ganzer Körper	R [Ω]	5	-11,027	< 0,001	-7,361	< 0,001	-9,161	< 0,001	-4,458	< 0,001
		50	-1,985	0,057	-1,575	0,127	-6,405	< 0,001	-4,476	< 0,001
		100	-4,876	< 0,001	-5,562	< 0,001	-6,544	< 0,001	-5,350	< 0,001
	Xc	5	-4,574	< 0,001	-1,836	0,077	-4,720	< 0,001	-1,374	0,177
		50	0,723	0,476	2,432	0,022	8,594	< 0,001	15,055	< 0,001
		100	8,114	< 0,001	21,181	< 0,001	21,403	< 0,001	25,809	< 0,001
	ϕ [$^\circ$]	5	-3,430	0,002	-1,076	0,292	-3,709	0,001	0,046	0,964
		50	9,226	< 0,001	24,147	< 0,001	19,149	< 0,001	29,913	< 0,001
		100	10,095	< 0,001	33,450	< 0,001	18,771	< 0,001	34,571	< 0,001
Arm rechts	R [Ω]	5	12,661	< 0,001	-1,517	0,141	23,703	< 0,001	-3,787	0,001
		50	12,288	< 0,001	-0,859	0,398	6,644	< 0,001	0,230	0,819
		100	12,273	< 0,001	-1,321	0,197	20,038	< 0,001	-4,603	< 0,001
	Xc	5	1,806	0,082	0,718	0,479	1,434	0,160	-1,523	0,136
		50	9,964	< 0,001	12,740	< 0,001	7,781	< 0,001	9,774	< 0,001
		100	10,915	< 0,001	15,566	< 0,001	7,347	< 0,001	28,041	< 0,001
	ϕ [$^\circ$]	5	0,404	0,690	1,138	0,265	2,963	0,005	-0,604	0,549
		50	2,799	0,009	14,457	< 0,001	2,857	0,007	20,056	< 0,001
		100	6,871	< 0,001	26,751	< 0,001	3,780	0,001	28,765	< 0,001
Arm links	R [Ω]	5	18,546	< 0,001	-3,673	0,001	18,792	< 0,001	-1,843	0,073
		50	19,638	< 0,001	-3,463	0,002	21,563	< 0,001	-2,396	0,021
		100	15,633	< 0,001	-3,647	0,001	15,300	< 0,001	-3,180	0,003
	Xc	5	2,580	0,016	2,493	0,019	5,218	< 0,001	1,949	0,059
		50	6,042	< 0,001	11,342	< 0,001	17,400	< 0,001	18,117	< 0,001
		100	13,821	< 0,001	7,108	< 0,001	17,259	< 0,001	20,720	< 0,001
	ϕ [$^\circ$]	5	1,326	0,196	2,272	0,031	0,027	0,978	2,963	0,005
		50	3,568	0,001	15,415	< 0,001	10,878	< 0,001	30,670	< 0,001
		100	6,771	< 0,001	16,800	< 0,001	7,813	< 0,001	9,604	< 0,001
Bein rechts	R [Ω]	5	-4,927	< 0,001	-2,867	0,008	-2,606	0,013	-0,216	0,830
		50	-42,312	< 0,001	-25,827	< 0,001	-13,500	< 0,001	-4,998	< 0,001
		100	-6,289	< 0,001	-2,151	0,041	-13,267	< 0,001	-5,339	< 0,001
	Xc	5	-8,982	< 0,001	-5,392	< 0,001	-6,397	< 0,001	-2,891	0,006
		50	-7,659	< 0,001	16,843	< 0,001	-2,954	0,005	21,134	< 0,001
		100	1,441	0,161	2,678	0,012	11,866	< 0,001	30,733	< 0,001
	ϕ [$^\circ$]	5	-5,766	< 0,001	-4,543	< 0,001	-6,099	< 0,001	-5,310	< 0,001
		50	10,257	< 0,001	35,450	< 0,001	10,089	< 0,001	29,586	< 0,001
		100	28,771	< 0,001	48,913	< 0,001	28,206	< 0,001	51,252	< 0,001
Bein links	R [Ω]	5	-29,209	< 0,001	-23,580	< 0,001	-5,015	< 0,001	-12,224	< 0,001
		50	-29,616	< 0,001	-25,797	< 0,001	-4,736	< 0,001	-10,971	< 0,001
		100	-31,345	< 0,001	-27,296	< 0,001	-4,689	< 0,001	-12,265	< 0,001
	Xc	5	-14,442	< 0,001	-5,335	< 0,001	-8,387	< 0,001	-10,711	< 0,001
		50	-6,928	< 0,001	21,810	< 0,001	-2,916	0,006	22,098	< 0,001
		100	6,515	< 0,001	29,500	< 0,001	0,826	0,414	36,845	< 0,001
	ϕ [$^\circ$]	5	-9,580	< 0,001	-3,464	0,002	-12,196	< 0,001	-7,720	< 0,001
		50	8,618	< 0,001	47,962	< 0,001	17,601	< 0,001	16,722	< 0,001
		100	7,563	< 0,001	64,724	< 0,001	11,739	< 0,001	66,426	< 0,001

R = Resistanz, Xc = Reaktanz, ϕ = Phasenwinkel; f = Frequenz; T1 = Technik 1 basierend auf direkten segmentalen Messungen, T2 = Technik 2 basierend auf segmentalen Messungen nach dem Konzept der Äquipotentiale unter Nutzung eines zusätzlichen Schaltgerätes, T3 = Technik 3 basierend auf segmentalen Messungen nach dem Konzept der Äquipotentiale ohne Nutzung eines zusätzlichen Schaltgerätes

Bei beiden Beinen ist die Resistanz bei Männern und Frauen bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz mit T2 jeweils signifikant kleiner als mit T1 oder T2 (jedes $P < 0,001$ bzw. $P < 0,05$). Die Reaktanz ist bei 5 kHz ebenfalls bei Männern und Frauen und beiden Beinen mit T2 signifikant kleiner als mit T1 oder T3 (jedes $P < 0,001$). Bei 50 kHz sind bei Männern und Frauen in beiden Beinen die Werte mit T2 signifikant größer als mit T3 ($P < 0,001$), allerdings signifikant kleiner als mit T1 ($P < 0,001$). Bei 100 kHz sind bei rechtem und linkem Bein sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen die Messwerte mit T2 signifikant größer als mit T1 ($P < 0,001$) und als T3 ($P < 0,001$).

3.9.2 Einfluss der Elektrodenposition an der Hüfte auf die Messwerte im Bein

Es wurden die gemessenen Impedanzwerte des Beines unter Benutzung der Messpositionen 1 und 5 miteinander verglichen (Abbildung 30). Messposition 1 befindet sich anterior der *Crista iliaca*, Messposition 5 auf Höhe der Glutealfalte.

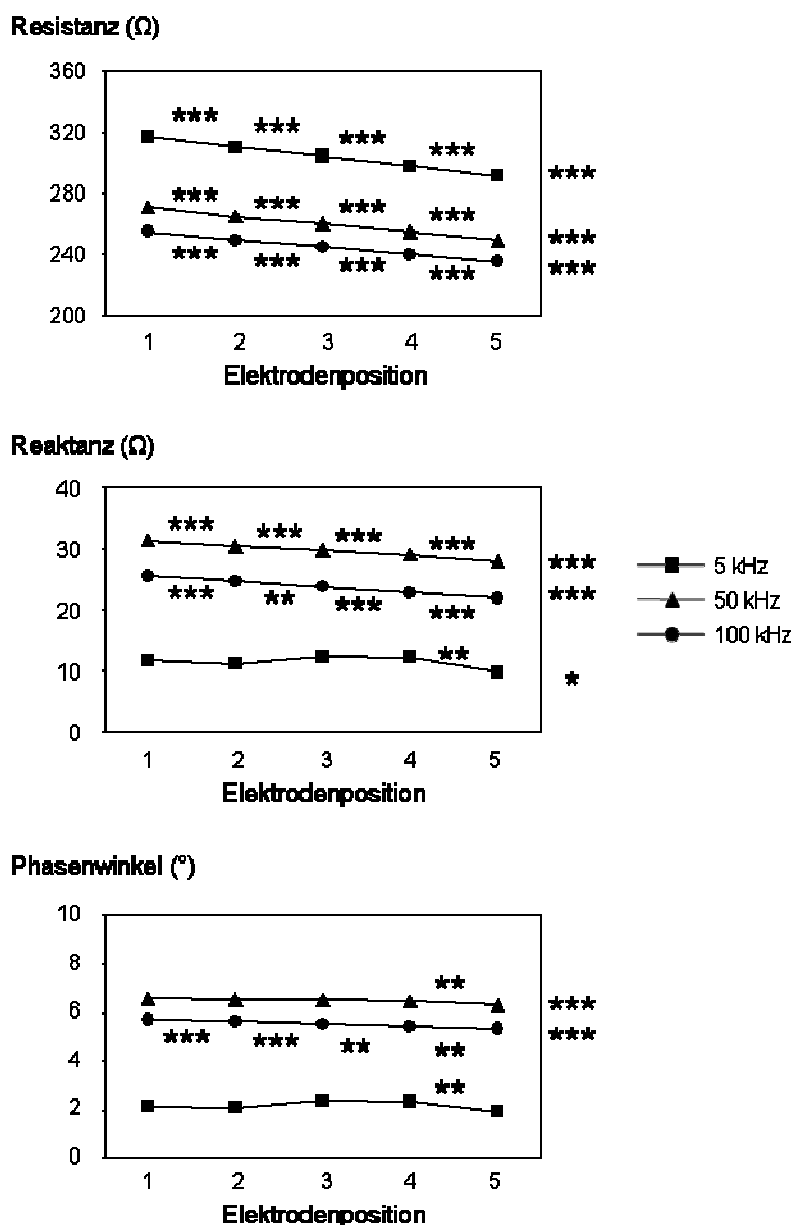


Abbildung 30 Werte für Resistanz, Reaktanz und Phasenwinkel für die Verwendung von Positionen 1-5 für die Platzierung der Messelektrode im Hüftbereich für die Widerstandsmessungen des Beins. Position 1 entspricht den Angaben von Fuller und Elia (1989), Position 5 den Angaben von Chumlea et al. (1988). Positionen 2-4 liegen in gleichmäßigen Abständen zwischen Position 1 und Position 5. * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$

Bei allen drei Frequenzen unterscheidet sich R signifikant zwischen der Messstrecke, bei der Position 1 und der Messstrecke, bei der Position 5 verwendet wird ($P < 0,001$). Bei 5 kHz verringert sich R im Mittel um 8,3 % von 317,0 Ω bei Benutzung von Position 1 auf 291,0 Ω bei Benutzung von Position 5, bei 50 kHz um 8,1 % von 271,1 Ω auf 249,5 Ω und bei 100 kHz um 7,9 % von 255,1 Ω auf 235,4 Ω . Diese Unterschiede bei R haben auch Einfluss auf die ermittelte fettfreie Masse. Wird R von Position 1 verwendet ergibt sich eine fettfreie Masse von $9,2 \pm 0,8$ kg, bei Verwendung von R gemessen mit Position 5 ergibt sich eine fettfreie Masse von $10,1 \pm 0,9$ kg. Der Unterschied von fast 0,9 kg ist statistisch hoch signifikant ($t = -24,42$; $P < 0,001$).

X_c ist ebenfalls bei Verwendung von Position 1 größer als bei Verwendung von Position 5. Bei 5 kHz beträgt der Unterschied 13,9 % (11,7 Ω gegenüber 9,8 Ω ; $P < 0,001$), bei 50 kHz 12,1 % (31,3 Ω gegenüber 27,9 Ω ; $P < 0,001$) und bei 100 kHz 15,3 % (25,6 Ω gegenüber 21,9 Ω ; $P < 0,05$).

Der Phasenwinkel ϕ unterscheidet sich signifikant zwischen den beiden Messungen bei den Frequenzen 50 kHz und 100 kHz ($P < 0,001$). Bei 50 kHz beträgt ϕ bei Verwendung von Position 1 $5,71^\circ$ und an Position 5 $5,32^\circ$, was einem Unterschied von 4,0 % entspricht, bei 100 kHz sind die Messwerte bei Verwendung von Position 5 um 7,6 % geringer ($5,71^\circ$ gegenüber $5,32^\circ$). Bei 5 kHz konnte kein signifikanter Unterschied zwischen Position 1 und Position 5 festgestellt werden ($P = 0,154$). Die prozentualen Unterschiede sind für X_c am größten und für ϕ am geringsten.

Zusätzlich zum Vergleich von Position 1 mit Position 5 wurden benachbarte Messpunkte miteinander verglichen. Wie in Abbildung 30 zu erkennen ist, nimmt R bei allen drei Frequenzen von Position 1 zu Position 5 ab. Die Unterschiede sind hoch signifikant ($P < 0,001$).

Die Unterschiede zwischen benachbarten Positionen sind ebenfalls signifikant für X_c bei den Frequenzen von 50 kHz ($P < 0,001$) und 100 kHz ($P < 0,01$ kHz). Bei beiden Frequenzen nimmt X_c kontinuierlich ab. Bei 5 kHz hingegen unterscheidet sich X_c nur an den Positionen 4 und 5 signifikant ($P < 0,01$), nicht aber zwischen den Positionen 1 und 2 ($P = 0,652$), 2 und 3 ($P = 0,189$) sowie 3 und 4 ($P = 0,877$).

Für ϕ gibt es nur bei der Frequenz von 100 kHz eine signifikante Verringerung der Messwerte zwischen allen aufeinander folgenden Messpositionen ($P < 0,01$; $P < 0,001$). Bei 5 kHz und 50 kHz ist lediglich der Wert an Position 5 signifikant geringer als an Position 4 ($P < 0,01$).

Im Idealfall sollte die Summe aller Segmente dem Wert für eine Ganzkörpermessung entsprechen. Zu diesem Zweck wurden verschiedene Studien zusammengeführt, die Werte sowohl für einzelne Segmente als auch für Ganzkörpermessungen geben. Die Übersicht ist in Tabelle 61 dargestellt. Es wurden nur solche Studien ausgewählt, die für die Messung des Beines entweder die Position nach Fuller und Elia (1989) oder nach Chumlea et al (1988) verwendeten. Außerdem mussten Messwerte nicht nur für das Bein, sondern auch für den ganzen Körper, Arme und Rumpf vorhanden sein. Wurden die Messwerte der einzelnen Segmente nicht bereits von den Autoren als summierter Wert angegeben, wurden die angegebenen Mittelwerte aufsummiert. Betrachtet wurden R , X_c und ϕ bei 50 kHz. Die prozentuale Abweichung der aufsummierten Werte von den Werten der Ganzkörpermessung wurde für die einzelnen Werte jeder Studie angegeben. Es ist zu erkennen, dass die Werte, die unter Verwendung von Position 1 genommen wurden in größeren oder kleineren Summen für R , X_c und ϕ resultierten. Die Werte liegen für die Resistanz zwischen -6,6 % (Fuller und Elia 1989) und +13,5 % (Pirlich et al. 2003), für die Reaktanz zwischen -3,8 % (Bracco et al. 1996) und + 19,7 % (Pirlich et al. 2003) und für den Phasenwinkel zwischen -1,0 % (Bracco et al. 1996) und 4,7 % (Pirlich et al. 2003). Bei Verwendung von Position 5 hingegen war die Summe der Einzelsegmente immer größer als die Werte der Ganzkörpermessung. Sie lag bei der Resistanz zwischen 1,8 % (Zillikens et al. 1992) und 16,0 % (Baumgartner et al 1989), bei der Reaktanz zwischen 9,4 % (Zillikens et al 1992) und 48,2 % (Woodrow et al 1996) und betrug beim Phasenwinkel 6,7 % (Zillikens et al. 1996). Die geringste Abweichung für R , X_c und ϕ trat bei einer Studie auf, in der Position 1 genutzt wurde, die größte Abweichung in einer Studie, die Position 5 für die Messung des Beinwiderstandes verwendete.

Tabelle 61 Zusammenfassung der Werte aus vergleichbaren Studien für die mittleren Werte für Resistanz, Reaktanz und Phasenwinkel bei 50 kHz des Beines und des ganzen Körpers, basierend auf den Elektrodenpositionen 1 bzw. 5 der Hüftregion

Elektrodenposition	Variable	Bein ^a	Ganzkörper ^b	Summe der Segmente ^c	Prozent ^d	Gerät	Quelle
1 <i>Crista iliaca</i> (Fuller and Elia 1989)	R (Ω)	261,3	500,7	568,5 ^e	113,5	BIA 2000-M, Data Input	Pirlich et al. 2003
		196,0	460,0	463,0	100,7	BIA Gerät selbst konstruiert	Bracco et al. 1996
		keine Daten	655,0	612,0	93,4	Holtain Prototyp	Fuller und Elia 1989
	Xc (Ω)	30,3	55,8	66,8 ^e	119,7	BIA 2000-M, Data Input	Pirlich et al. 2003
		37,0	78,0	75,0	96,2	BIA Gerät selbst konstruiert	Bracco et al. 1996
	ϕ ($^{\circ}$)	6,7	6,4	6,7 ^e	104,7	BIA 2000-M, Data Input	Pirlich et al. 2003
		10,9	9,8	9,7	99,0	BIA Gerät selbst konstruiert	Bracco et al. 1996
5 Glutealfalte (Chumlea et al. 1988)	R (Ω)	296,3	595,6	690,9 ^e	116,0	BIA 101, RJL Systems	Baumgartner et al. 1989
		286,6	587,8	668,0 ^e	113,6	BIA 101, RJL Systems	Chumlea et al. 1988
		199,0	528,7	538,3 ^e	101,8	BIA 101, RJL Systems	Zillikens et al. 1992
		252,8	564,5	614,7 ^e	108,9	BIA 101A, RJL Systems	Woodrow et al. 1996
	Xc (Ω)	39,6	67,6	89,1 ^e	131,9	BIA 101, RJL Systems	Baumgartner et al. 1989
		38,7	65,5	84,4 ^e	128,9	BIA 101, RJL Systems	Chumlea et al. 1988
		14,6	41,3	45,2 ^e	109,4	BIA 101, RJL Systems	Zillikens et al. 1992
		32,2	56,7	84,0 ^e	148,2	BIA 101A, RJL Systems	Woodrow et al. 1996
	ϕ ($^{\circ}$)	4,1	4,5	4,8 ^e	106,7	BIA 101, RJL Systems	Zillikens et al. 1996

ϕ = Phasenwinkel; R = Resistanz; Xc = Reaktanz.

^a Werte für die Beinmessungen

^b Werte für die Ganzkörpermessungen.

^c Summe der Werte der gemessenen Segmente (Bein + Arm + Rumpf)

^d Prozentualer Anteil der Summe der Segmente von der Ganzkörpermessung

^e Wert nicht vom Autor selbst angegeben, aus den angegebenen Mittelwerten berechnet

3.10 Einflussfaktoren auf direkte Messwerte der sBIA

3.10.1 Einfluss der Körperposition

Eine Übersicht über die mittleren Werte für Resistanz, Reaktanz und Phasenwinkel zu den Zeitpunkten t_0 bis t_{50} ist für den ganzen Körper in den Tabellen 62-64 dargestellt, für den rechten Arm in den Tabellen 65-67 und für das rechte Bein in den Tabellen 68-70. Eine grafische Darstellung der Verläufe ist in den Anhängen A8 – A16 gegeben. Der Zeitpunkt t_0 markiert den Beginn der Messung, die Zeitpunkte t_{10} bis t_{50} sind als $t_0 + 10$ Minuten bis $t_0 + 50$ Minuten definiert. Zu den Zeitpunkten t_0 und t_{10} stand die Versuchsperson, zu den Zeitpunkten t_{20} , t_{30} , t_{40} und t_{50} lag die Versuchsperson.

Tabelle 62 Mittlere Werte des ganzen Körpers für die Resistanz bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz an den Messzeitpunkten $t_0 - t_{50}$

Frequenz (kHz)	Messzeitpunkt	Männer (N = 28)		Frauen (N = 18)	
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD
5	t_0	531,11	46,12	627,89	58,70
	t_{10}	523,71	47,03	610,22	84,84
	t_{20}	530,79	48,18	631,50	58,56
	t_{30}	537,61	47,94	640,89	58,32
	t_{40}	542,79	48,50	647,00	58,70
	t_{50}	547,14	48,94	653,06	59,89
50	t_0	466,04	43,05	564,50	53,63
	t_{10}	460,29	43,69	559,39	54,89
	t_{20}	466,18	44,77	568,22	54,26
	t_{30}	470,43	45,71	573,22	54,33
	t_{40}	473,21	45,98	576,72	54,09
	t_{50}	476,11	45,94	580,83	55,26
100	t_0	441,50	41,48	538,39	51,98
	t_{10}	436,21	42,94	533,50	53,08
	t_{20}	441,82	44,17	541,22	52,25
	t_{30}	445,21	44,35	545,67	52,40
	t_{40}	447,54	44,61	548,72	52,22
	t_{50}	450,07	44,67	552,72	53,23

N = Probandenanzahl; SD = Standardabweichung; t_0 = Start der Messung;

t_{10} , t_{20} , t_{30} , t_{40} , t_{50} = $t_0 + 10$ Minuten, + 20 Minuten, + 30 Minuten, + 40 Minuten, + 50 Minuten

Tabelle 63 Mittlere Werte des ganzen Körpers für die Reaktanz bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz an den Messzeitpunkten $t_0 - t_{50}$

Frequenz (kHz)	Messzeitpunkt	Männer (N = 28)		Frauen (N = 18)	
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD
5	t_0	27,18	7,77	28,28	3,74
	t_{10}	25,71	5,99	29,17	8,13
	t_{20}	25,04	8,05	28,44	3,36
	t_{30}	27,25	6,70	30,17	3,45
	t_{40}	28,07	7,31	31,33	3,65
	t_{50}	29,68	6,48	32,28	3,58
50	t_0	51,00	5,64	55,61	5,76
	t_{10}	49,82	5,70	54,67	5,79
	t_{20}	51,64	6,14	57,17	5,96
	t_{30}	53,00	5,91	58,61	5,82
	t_{40}	54,07	5,80	59,94	6,16
	t_{50}	54,79	5,98	60,94	6,14
100	t_0	48,32	5,01	56,50	6,65
	t_{10}	47,29	5,28	55,94	7,16
	t_{20}	49,29	5,54	58,06	6,60
	t_{30}	50,39	5,48	59,44	6,53
	t_{40}	51,07	5,40	60,39	6,46
	t_{50}	51,75	5,56	61,33	6,69

N = Probandenanzahl; SD = Standardabweichung; t_0 = Start der Messung;

t_{10} , t_{20} , t_{30} , t_{40} , t_{50} = t_0 + 10 Minuten, + 20 Minuten, + 30 Minuten, + 40 Minuten, + 50 Minuten

Tabelle 64 Mittlere Werte des ganzen Körpers für den Phasenwinkel bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz an den Messzeitpunkten $t_0 - t_{50}$

Frequenz (kHz)	Messzeitpunkt	Männer (N = 28)		Frauen (N = 18)	
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD
5	t_0	2,85	0,56	2,60	0,40
	t_{10}	2,81	0,55	2,55	0,36
	t_{20}	2,69	0,80	2,59	0,35
	t_{30}	2,90	0,64	2,71	0,37
	t_{40}	2,96	0,70	2,78	0,35
	t_{50}	3,10	0,58	2,84	0,36
50	t_0	6,27	0,60	5,63	0,34
	t_{10}	6,18	0,61	5,59	0,34
	t_{20}	6,34	0,68	5,75	0,39
	t_{30}	6,46	0,65	5,86	0,40
	t_{40}	6,53	0,65	5,95	0,40
	t_{50}	6,59	0,66	6,01	0,40
100	t_0	6,27	0,49	5,99	0,31
	t_{10}	6,19	0,52	5,98	0,35
	t_{20}	6,38	0,57	6,12	0,37
	t_{30}	6,47	0,55	6,19	0,36
	t_{40}	6,53	0,55	6,28	0,36
	t_{50}	6,56	0,56	6,33	0,36

N = Probandenanzahl; SD = Standardabweichung; t_0 = Start der Messung;

t_{10} , t_{20} , t_{30} , t_{40} , t_{50} = t_0 + 10 Minuten, + 20 Minuten, + 30 Minuten, + 40 Minuten, + 50 Minuten

Tabelle 65 Mittlere Werte des rechten Arms für die Resistanz bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz an den Messzeitpunkten $t_0 - t_{50}$

Frequenz (kHz)	Messzeitpunkt	Männer (N = 28)		Frauen (N = 18)	
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD
5	t_0	269,39	28,79	341,06	36,24
	t_{10}	277,43	66,54	335,89	36,34
	t_{20}	267,75	30,95	334,89	34,61
	t_{30}	269,79	30,79	336,89	34,18
	t_{40}	270,79	30,82	338,56	34,24
	t_{50}	272,00	30,98	340,67	35,13
50	t_0	236,75	28,81	303,94	32,99
	t_{10}	234,32	29,20	303,06	34,11
	t_{20}	234,86	29,77	301,94	32,18
	t_{30}	235,64	29,60	302,78	32,52
	t_{40}	236,61	28,92	303,44	31,90
	t_{50}	237,04	29,81	305,17	32,82
100	t_0	224,64	27,72	290,72	32,24
	t_{10}	222,57	28,41	289,67	33,22
	t_{20}	222,46	29,12	288,17	31,29
	t_{30}	223,14	28,80	289,33	31,15
	t_{40}	224,71	29,36	290,00	30,78
	t_{50}	224,68	28,97	291,11	32,02

N = Probandenanzahl; SD = Standardabweichung; t_0 = Start der Messung;

$t_{10}, t_{20}, t_{30}, t_{40}, t_{50} = t_0 + 10$ Minuten, + 20 Minuten, + 30 Minuten, + 40 Minuten, + 50 Minuten

Tabelle 66 Mittlere Werte des rechten Arms für die Reaktanz bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz an den Messzeitpunkten $t_0 - t_{50}$

Frequenz (kHz)	Zeitpunkt	Männer (N = 28)		Frauen (N = 18)	
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD
5	t_0	15,54	3,48	15,17	2,38
	t_{10}	15,07	4,02	15,44	2,43
	t_{20}	15,82	5,48	15,33	2,30
	t_{30}	16,39	8,60	16,00	2,20
	t_{40}	15,39	3,73	16,50	2,36
	t_{50}	15,71	3,73	16,72	2,44
50	t_0	23,79	2,78	26,33	2,52
	t_{10}	23,43	2,79	26,33	3,05
	t_{20}	24,29	2,73	26,72	2,63
	t_{30}	24,75	2,81	27,17	2,23
	t_{40}	25,14	3,06	27,50	2,23
	t_{50}	25,14	2,88	27,72	2,49
100	t_0	20,11	2,50	24,50	3,24
	t_{10}	19,96	2,44	24,50	3,47
	t_{20}	20,82	2,44	24,83	2,92
	t_{30}	21,29	2,48	25,11	2,72
	t_{40}	22,00	3,20	25,39	2,85
	t_{50}	21,43	2,62	25,83	2,83

N = Probandenanzahl; SD = Standardabweichung; t_0 = Start der Messung;

$t_{10}, t_{20}, t_{30}, t_{40}, t_{50} = t_0 + 10$ Minuten, + 20 Minuten, + 30 Minuten, + 40 Minuten, + 50 Minuten

Tabelle 67 Mittlere Werte des rechten Arms für den Phasenwinkel bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz an den Messzeitpunkten $t_0 - t_{50}$

Frequenz (kHz)	Messzeitpunkt	Männer (N = 28)		Frauen (N = 18)	
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD
5	t_0	3,32	0,68	2,61	0,39
	t_{10}	3,22	0,82	2,64	0,40
	t_{20}	3,42	1,29	2,64	0,38
	t_{30}	3,57	1,91	2,70	0,38
	t_{40}	3,26	0,77	2,79	0,42
	t_{50}	3,32	0,79	2,81	0,41
50	t_0	5,78	0,59	4,98	0,31
	t_{10}	5,73	0,58	4,95	0,29
	t_{20}	5,93	0,66	5,07	0,29
	t_{30}	6,02	0,67	5,15	0,32
	t_{40}	6,07	0,62	5,21	0,32
	t_{50}	6,06	0,61	5,21	0,32
100	t_0	5,20	0,45	4,83	0,31
	t_{10}	5,16	0,43	4,81	0,37
	t_{20}	5,38	0,48	4,93	0,28
	t_{30}	5,46	0,48	4,97	0,28
	t_{40}	5,62	0,65	5,01	0,28
	t_{50}	5,41	0,61	5,09	0,37

N = Probandenanzahl; SD = Standardabweichung; t_0 = Start der Messung;

t_{10} , t_{20} , t_{30} , t_{40} , t_{50} = t_0 + 10 Minuten, + 20 Minuten, + 30 Minuten, + 40 Minuten, + 50 Minuten

Tabelle 68 Mittlere Werte des rechten Beins für Resistanz (R), Reaktanz (X_c) und Phasenwinkel (φ) bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz an den Messzeitpunkten $t_0 - t_{50}$

Frequenz (kHz)	Messzeitpunkt	Männer (N = 28)		Frauen (N = 18)	
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD
5	t_0	239,68	24,59	270,28	25,84
	t_{10}	236,29	24,38	261,83	27,10
	t_{20}	242,07	23,94	274,33	28,92
	t_{30}	246,50	24,19	279,50	28,78
	t_{40}	249,82	24,31	283,89	29,58
	t_{50}	252,93	24,53	287,50	30,09
50	t_0	211,64	22,17	244,89	24,44
	t_{10}	209,32	21,40	236,56	24,22
	t_{20}	213,39	21,32	244,78	25,85
	t_{30}	216,11	21,29	248,17	26,08
	t_{40}	217,93	21,02	250,89	26,41
	t_{50}	220,21	21,43	253,33	26,70
100	t_0	200,68	21,18	231,39	22,30
	t_{10}	198,79	20,58	225,61	23,18
	t_{20}	202,43	20,48	232,89	24,81
	t_{30}	204,93	20,49	236,22	24,87
	t_{40}	206,46	20,30	238,56	25,39
	t_{50}	208,36	20,76	240,83	25,59

N = Probandenanzahl; SD = Standardabweichung; t_0 = Start der Messung;

t_{10} , t_{20} , t_{30} , t_{40} , t_{50} = t_0 + 10 Minuten, + 20 Minuten, + 30 Minuten, + 40 Minuten, + 50 Minuten

Tabelle 69 Mittlere Werte des rechten Beins für die Reaktanz bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz an den Messzeitpunkten $t_0 - t_{50}$

Frequenz (kHz)	Messzeitpunkt	Männer (N = 28)		Frauen (N = 18)	
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD
5	t_0	11,11	2,47	10,50	2,36
	t_{10}	10,68	2,57	9,89	2,08
	t_{20}	11,75	3,30	11,28	2,35
	t_{30}	11,86	2,48	12,11	2,25
	t_{40}	12,11	2,39	12,67	2,50
	t_{50}	13,00	2,68	13,39	2,70
50	t_0	23,07	3,30	24,06	3,23
	t_{10}	22,54	3,43	23,44	3,17
	t_{20}	24,11	3,72	26,06	3,95
	t_{30}	24,89	3,57	27,22	4,11
	t_{40}	25,46	3,69	27,89	4,38
	t_{50}	25,96	3,53	28,39	4,38
100	t_0	22,54	3,13	24,72	3,54
	t_{10}	22,14	2,97	24,72	3,04
	t_{20}	22,70	5,11	26,72	4,01
	t_{30}	24,11	3,11	27,44	4,03
	t_{40}	24,46	3,18	27,94	4,22
	t_{50}	25,00	3,20	28,61	4,23

N = Probandenanzahl; SD = Standardabweichung; t_0 = Start der Messung;

$t_{10}, t_{20}, t_{30}, t_{40}, t_{50} = t_0 + 10$ Minuten, + 20 Minuten, + 30 Minuten, + 40 Minuten, + 50 Minuten

Tabelle 70 Mittlere Werte des rechten Beins für Resistanz (R), Reaktanz (X_c) und Phasenwinkel (φ) bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz an den Messzeitpunkten $t_0 - t_{50}$

Frequenz (kHz)	Messzeitpunkt	Männer (N = 28)		Frauen (N = 18)	
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD
5	t_0	2,65	0,42	2,21	0,46
	t_{10}	2,59	0,46	2,15	0,43
	t_{20}	2,66	0,44	2,33	0,42
	t_{30}	2,75	0,43	2,45	0,43
	t_{40}	2,79	0,45	2,55	0,45
	t_{50}	2,93	0,45	2,64	0,48
50	t_0	6,21	0,72	5,64	0,51
	t_{10}	6,17	0,76	5,66	0,50
	t_{20}	6,45	0,80	6,08	0,70
	t_{30}	6,58	0,78	6,22	0,70
	t_{40}	6,65	0,78	6,26	0,73
	t_{50}	6,73	0,79	6,39	0,74
100	t_0	6,37	0,64	6,34	0,71
	t_{10}	6,39	0,66	6,23	0,47
	t_{20}	6,62	0,72	6,55	0,67
	t_{30}	6,72	0,69	6,63	0,67
	t_{40}	6,77	0,69	6,70	0,70
	t_{50}	6,83	0,70	6,78	0,71

N = Probandenanzahl; SD = Standardabweichung; t_0 = Start der Messung;

$t_{10}, t_{20}, t_{30}, t_{40}, t_{50} = t_0 + 10$ Minuten, + 20 Minuten, + 30 Minuten, + 40 Minuten, + 50 Minuten

Die Messwerte zu den Zeitpunkten t_0 , t_{10} , t_{20} , t_{30} , t_{40} und t_{50} wurden mittels ANOVA für Messwiederholungen miteinander verglichen, für nicht normalverteilte Daten mittels Friedman-Test (Tabelle 71). Hierbei kann beobachtet werden, dass sich bei der Ganzkörpermessung Resistanz, Reaktanz und Phasenwinkel bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz bei Männern und Frauen signifikant unterscheiden ($P < 0,05$).

Tabelle 71 Vergleich von Resistanz, Reaktanz und Phasenwinkel bei 5, 50 und 100 kHz für den ganzen Körper, den rechten Arm und das rechte Bein zu den Zeitpunkten t_0 , t_{10} , t_{20} , t_{30} , t_{40} , und t_{50} getrennt für Männer und Frauen mittels der ANOVA für Messwertwiederholungen bei normalverteilten Daten und des Friedman-Tests für nicht normalverteilte Daten.

Körpersegment	Direkter Messwert	Frequenz (kHz)	Männer (N = 28)		Frauen (N = 18)	
			F ^a / Chi-Quadrat ^b	P	F	P
Körper	R	5	108,782 ^a	< 0,001	11,148	0,003
		50	48,776 ^a	< 0,001	53,799	< 0,001
		100	39,728 ^a	< 0,001	46,957	< 0,001
	Xc	5	12,118 ^a	< 0,001	5,954	0,021
		50	205,172 ^a	< 0,001	109,245	< 0,001
		100	146,681 ^a	< 0,001	42,207	< 0,001
	φ	5	12,808 ^a	< 0,001	39,623	< 0,001
		50	127,122 ^a	< 0,001	90,463	< 0,001
		100	110,326 ^a	< 0,001	22,398	< 0,001
Arm	R	5	28,927 ^b	< 0,001	1,601	0,224
		50	2,028 ^a	0,123	2,304	0,108
		100	2,475 ^a	0,083	2,712	0,067
	Xc	5	21,744 ^b	0,001	23,863	< 0,001
		50	21,037 ^a	< 0,001	12,791	< 0,001
		100	18,009 ^a	< 0,001	4,389	0,015
	φ	5	27,405 ^b	< 0,001	17,534	< 0,001
		50	29,067 ^a	< 0,001	18,825	< 0,001
		100	12,634 ^a	< 0,001	5,217	0,007
Bein	R	5	82,412 ^a	< 0,001	42,632	< 0,001
		50	45,963 ^a	< 0,001	13,389	0,001
		100	38,172 ^a	< 0,001	17,336	< 0,001
	Xc	5	8,821 ^a	< 0,001	73,317	< 0,001
		50	95,023 ^a	< 0,001	112,829	< 0,001
		100	12,610 ^a	< 0,001	60,438	< 0,001
	φ	5	12,488 ^a	< 0,001	78,045	< 0,001
		50	68,328 ^a	< 0,001	33,878	< 0,001
		100	27,463 ^a	< 0,001	11,415	0,001

Körper = ganzer Körper, R = Resistanz, Xc = Reaktanz, φ = Phasenwinkel, F = Prüfvariable der ANOVA, Chi-Quadrat = Prüfvariable des Friedman-Test; t_0 = erster Messzeitpunkt; t_{10} , t_{20} , t_{30} , t_{40} , t_{50} = Messzeitpunkte t_0 + 10 Minuten, + 20 Minuten, + 30 Minuten, + 40 Minuten, + 50 Minuten

^a Berechnung von F mittels ANOVA bei normalverteilten Daten

^b Berechnung von Chi-Quadrat mittels Friedman-Test bei nicht normalverteilten Daten

Bei den Messwerten des Armes gibt es bei den Männern signifikante Unterschiede in der Resistanz bei 5 kHz. Bei Männern und Frauen verändern sich die Messwerte der Reaktanz für 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz signifikant ($P < 0,01$). Weiterhin unterscheiden sich die Werte

für den Phasenwinkel bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz bei den Männern und bei 50 kHz bei den Frauen ($P < 0,001$).

Hinsichtlich der Messwerte des Beins gibt es bei Männern und Frauen signifikanten Veränderungen zwischen den Messpunkten in der Resistanz, der Reaktanz und des Phasenwinkels bei allen drei gemessenen Frequenzen ($P < 0,01$).

Ein Vergleich der Messwerte von t_0 (Beginn stehend) mit den Messwerten von t_{20} (Beginn liegend) ist in Tabelle 72 für den ganzen Körper dargestellt. Der Vergleich zeigt für den ganzen Körper einen signifikanten Anstieg der Werte von t_0 zu t_{20} für die Resistanz bei 100 kHz (Männer und Frauen), sowie Reaktanz bei 50 kHz (Männer und Frauen) und 100 kHz (Frauen). Die Reaktanz sowie der Phasenwinkel bei 5 kHz sinken bei den Männern von t_0 zu t_{20} signifikant ab. Der Phasenwinkel bei 50 kHz und 100 kHz steigen bei Männern und Frauen signifikant an.

Tabelle 72 Vergleich der Messzeitpunkte t_0 und t_{20} für R, Xc und ϕ bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz für den ganzen Körper mittels t-Test für verbundene Stichproben.

Direkter Messwert	f (kHz)	MZP	Männer (N = 28)					Frauen (N = 18)				
			MW	SD	RÄ	t	P	MW	SD	RÄ	t	P
R	5	t_0	531,11	46,123	≈	0,246	0,808	627,89	58,696	≈	-1,720	0,104
		t_{20}	530,79	48,177				631,50	58,555			
	50	t_0	466,04	43,047	≈	-0,237	0,815	564,50	53,634	≈	-1,724	0,103
		t_{20}	466,18	44,766				568,22	54,257			
	100	t_0	441,50	41,479	↑	-2,851	0,008	538,39	51,976	↑	-3,993	0,001
		t_{20}	441,82	44,167				541,22	52,253			
Xc	5	t_0	27,18	7,765	↓	2,441	0,021	28,28	3,739	≈	0,461	0,651
		t_{20}	25,04	8,048				28,44	3,365			
	50	t_0	51,00	5,644	↑	-4,687	< 0,001	55,61	5,761	↑	-3,145	0,006
		t_{20}	51,64	6,136				57,17	5,963			
	100	t_0	48,32	5,011	≈	-0,108	0,915	56,50	6,653	↑	-2,126	0,048
		t_{20}	49,29	5,543				58,06	6,602			
ϕ	5	t_0	2,85	0,563	↓	2,254	0,033	2,60	0,399	≈	-0,402	0,692
		t_{20}	2,69	0,801				2,59	0,351			
	50	t_0	6,27	0,603	↑	-4,045	< 0,001	5,63	0,344	↑	-3,034	0,007
		t_{20}	6,34	0,680				5,75	0,389			
	100	t_0	6,27	0,493	↑	-3,009	0,006	5,99	0,314	↑	-3,861	0,001
		t_{20}	6,38	0,569				6,12	0,366			

R = Resistanz, Xc = Reaktanz, ϕ = Phasenwinkel; f = Frequenz; MZP = Messzeitpunkt; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; RÄ = Richtung der Änderung ↑ = Wert steigt signifikant an; ↓ = Wert sinkt signifikant; ≈ = Wert ändert sich nicht signifikant;

Tabelle 73 Vergleich der Messzeitpunkte t_0 und t_{20} für R, Xc und ϕ bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz für rechten Arm und rechtes Bein mittels t-Test für verbundene Stichproben bzw. Wilcoxon-Test

Körper-segment	Direkter Messwert	f (kHz)	MZP	Männer (N = 28)					Frauen (N = 18)				
				MW	SD	RÄ	t^a/Z^b	P	MW	SD	RÄ	t	P
Arm rechts	R	5	t_0	269,39	28,790	≈	1,449 ^a	0,159	341,06	36,242	≈	1,359	0,192
			t_{20}	267,75	30,954				334,89	34,614			
		50	t_0	236,75	28,805	↓	2,187 ^a	0,038	303,94	32,991	↓	2,803	0,012
			t_{20}	234,86	29,770				301,94	32,184			
		100	t_0	224,64	27,720	↓	-2,750 ^a	0,011	290,72	32,240	≈	-1,800	0,090
			t_{20}	222,46	29,121				288,17	31,292			
	Xc	5	t_0	15,54	3,480	≈	-0,534 ^a	0,598	15,17	2,383	≈	-1,016	0,324
			t_{20}	15,82	5,478				15,33	2,301			
		50	t_0	23,79	2,780	↑	-6,456 ^a	< 0,001	26,33	2,521	≈	-1,839	0,083
			t_{20}	24,29	2,733				26,72	2,630			
		100	t_0	20,11	2,499	≈	1,760 ^a	0,090	24,50	3,240	≈	1,892	0,076
			t_{20}	20,82	2,435				24,83	2,915			
	ϕ	5	t_0	3,32	0,677	≈	-0,649 ^b	0,516	2,61	0,391	≈	-0,900	0,381
			t_{20}	3,42	1,293				2,64	0,383			
		50	t_0	5,78	0,589	↑	-3,873 ^a	0,001	4,98	0,310	≈	-1,000	0,331
			t_{20}	5,93	0,660				5,07	0,291			
		100	t_0	5,20	0,454	↑	-3,876 ^a	0,001	4,83	0,311	↑	-3,215	0,005
			t_{20}	5,38	0,481				4,93	0,276			
Bein rechts	R	5	t_0	239,68	24,586	≈	-1,596 ^a	0,122	270,28	25,838	≈	-1,223	0,238
			t_{20}	242,07	23,943				274,33	28,922			
		50	t_0	211,64	22,175	≈	-1,428 ^a	0,165	244,89	24,439	≈	-0,491	0,630
			t_{20}	213,39	21,324				244,78	25,852			
		100	t_0	200,68	21,184	↑	-3,480 ^a	0,002	231,39	22,300	↑	-6,387	< 0,001
			t_{20}	202,43	20,480				232,89	24,812			
	Xc	5	t_0	11,11	2,470	≈	-0,232 ^a	0,819	10,50	2,358	↑	-4,025	0,001
			t_{20}	11,75	3,296				11,28	2,347			
		50	t_0	23,07	3,299	↑	-3,311 ^a	0,003	24,06	3,226	↑	-1,508	0,150
			t_{20}	24,11	3,715				26,06	3,948			
		100	t_0	22,54	3,133	≈	-1,353 ^a	0,187	24,72	3,545	↑	0,030	0,977
			t_{20}	22,70	5,108				26,72	4,012			
	ϕ	5	t_0	2,65	0,423	≈	-1,274 ^a	0,213	2,21	0,460	↑	-3,112	0,006
			t_{20}	2,66	0,439				2,33	0,417			
		50	t_0	6,21	0,720	≈	-0,198 ^a	0,845	5,64	0,507	↑	-5,050	< 0,001
			t_{20}	6,45	0,803				6,08	0,700			
		100	t_0	6,37	0,640	↑	-4,356 ^a	< 0,001	6,34	0,712	↑	-4,221	0,001
			t_{20}	6,62	0,717				6,55	0,673			

R = Resistanz, Xc = Reaktanz, ϕ = Phasenwinkel; f = Frequenz; MZP = Messzeitpunkt; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; RÄ = Richtung der Änderung ↑ = Wert steigt signifikant an; ↓ = Wert sinkt signifikant; ≈ = Wert ändert sich nicht signifikant;

^a Prüfgröße t (t-Test für verbundene Stichproben)

^b Prüfgröße Z (Wilcoxon Test)

Ein Vergleich der Messwerte des Armes und des Beines zu den Zeitpunkten t_0 und t_{20} ist in Tabelle 73 dargestellt. Die Resistanz des Armes sinkt bei 50 kHz bei Männern und Frauen und sinkt bei 100 kHz bei den Männern. Reaktanz und Phasenwinkel des Armes bei 50 kHz

steigen bei den Männern von t_0 zu t_{20} signifikant an. Bei 100 kHz steigt der Phasenwinkel bei Männern und Frauen signifikant an.

Bei den Beinen steigt die Resistanz bei Männern und Frauen bei 100 kHz signifikant an. Die Reaktanz steigt bei den Frauen bei 5 kHz signifikant, bei den Männern bei 50 kHz. Der Phasenwinkel steigt bei den Frauen bei allen drei Frequenzen signifikant, bei den Männern bei 100 kHz.

Ein Vergleich der Messwerte zu den Zeitpunkten t_{20} (Beginn liegend) und t_{50} (Ende liegend) ist in Tabelle 74 für den ganzen Körper dargestellt. Alle Messwerte der Frauen sowie der überwiegende Teil der Messwerte der Männer steigen von t_{20} zu t_{50} signifikant an.

Tabelle 74 Vergleich der Messzeitpunkte t_{20} und t_{50} für R, Xc und ϕ bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz für den ganzen Körper mittels t-Test für verbundene Stichproben.

Direkter Messwert	f (kHz)	MZP	Männer (N = 28)					Frauen (N = 18)				
			MW	SD	RÄ	t	P	MW	SD	RÄ	t	P
R	5	t_{20}	530,79	48,177	↑	-17,689	< 0,001	631,50	58,555	↑	-15,337	< 0,001
		t_{50}	547,14	48,943				653,06	59,891			
	50	t_{20}	466,18	44,766	↑	-13,069	< 0,001	568,22	54,257	↑	-10,002	< 0,001
		t_{50}	476,11	45,942				580,83	55,259			
	100	t_{20}	441,82	44,167	↑	-17,853	< 0,001	541,22	52,253	↑	-13,746	< 0,001
		t_{50}	450,07	44,668				552,72	53,232			
Xc	5	t_{20}	25,04	8,048	↑	-5,382	< 0,001	28,44	3,365	↑	-11,725	< 0,001
		t_{50}	29,68	6,481				32,28	3,578			
	50	t_{20}	51,64	6,136	↑	-14,295	< 0,001	57,17	5,963	↑	-7,452	< 0,001
		t_{50}	54,79	5,977				60,94	6,140			
	100	t_{20}	49,29	5,543	↑	-11,684	< 0,001	58,06	6,602	↑	-10,514	< 0,001
		t_{50}	51,75	5,555				61,33	6,686			
ϕ	5	t_{20}	2,69	0,801	↑	-6,819	< 0,001	2,59	0,351	↑	-13,026	< 0,001
		t_{50}	3,10	0,585				2,84	0,359			
	50	t_{20}	6,34	0,680	↑	-18,818	< 0,001	5,75	0,389	↑	-9,349	< 0,001
		t_{50}	6,59	0,658				6,01	0,402			
	100	t_{20}	6,38	0,569	↑	-15,593	< 0,001	6,12	0,366	↑	-11,853	< 0,001
		t_{50}	6,56	0,558				6,33	0,365			

R = Resistanz, Xc = Reaktanz, ϕ = Phasenwinkel; f = Frequenz; MZP = Messzeitpunkt; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; RÄ = Richtung der Änderung; ↑ = Wert steigt signifikant an;

Auch der Vergleich der direkten Messwerte des Arms und des Beins zwischen t_{20} und t_{50} zeigt in den meisten Variablen signifikant größere Werte bei t_{50} (Tabelle 75). Ausnahmen hiervon sind bei den Männern die Reaktanz des Armes, die sich bei 5 kHz und 50 kHz nicht signifikant verändert und der Phasenwinkel des Armes bei 5 kHz, der signifikant sinkt.

Tabelle 75 Vergleich der Messzeitpunkte t_{20} und t_{50} für R, Xc und ϕ bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz für den ganzen Körper, rechten Arm und rechtes Bein mittels t-Test für verbundene Stichproben bzw. Wilcoxon-Test.

Körpersegment	Direkter Messwert	f (kHz)	MZP	Männer (N = 28)					Frauen (N = 18)				
				MW	SD	RÄ	t ^a /Z ^b	P	MW	SD	RÄ	t	P
Arm rechts	R	5	t_{20}	267,75	30,954	↑	-5,032 ^a	< 0,001	334,89	34,614	↑	-5,924	< 0,001
			t_{50}	272,00	30,979				340,67	35,132			
		50	t_{20}	234,86	29,770	↑	-3,454 ^a	0,002	301,94	32,184	↑	-3,986	0,001
			t_{50}	237,04	29,810				305,17	32,824			
		100	t_{20}	222,46	29,121	↑	-5,091 ^a	< 0,001	288,17	31,292	↑	-6,185	< 0,001
			t_{50}	224,68	28,971				291,11	32,024			
	Xc	5	t_{20}	15,82	5,478	≈	0,464 ^a	0,647	15,33	2,301	↑	-6,623	< 0,001
			t_{50}	15,71	3,730				16,72	2,445			
		50	t_{20}	24,29	2,733	≈	-0,414 ^a	0,682	26,72	2,630	↑	-2,410	0,028
			t_{50}	25,14	2,877				27,72	2,492			
		100	t_{20}	20,82	2,435	↑	-3,089 ^a	0,005	24,83	2,915	↑	-4,284	0,001
			t_{50}	21,43	2,617				25,83	2,834			
	ϕ	5	t_{20}	3,42	1,293	↓	-2,884 ^b	0,004	2,64	0,383	↑	-7,578	< 0,001
			t_{50}	3,32	0,789				2,81	0,409			
		50	t_{20}	5,93	0,660	↑	-3,863 ^a	0,001	5,07	0,291	↑	-2,699	0,015
			t_{50}	6,06	0,608				5,21	0,320			
		100	t_{20}	5,38	0,481	↑	-3,974 ^a	< 0,001	4,93	0,276	↑	-5,569	< 0,001
			t_{50}	5,41	0,608				5,09	0,373			
Bein rechts	R	5	t_{20}	242,07	23,943	↑	-25,465 ^a	< 0,001	274,33	28,922	↑	-17,049	< 0,001
			t_{50}	252,93	24,528				287,50	30,089			
		50	t_{20}	213,39	21,324	↑	-22,400 ^a	< 0,001	244,78	25,852	↑	-14,573	< 0,001
			t_{50}	220,21	21,426				253,33	26,701			
		100	t_{20}	202,43	20,480	↑	-20,726 ^a	< 0,001	232,89	24,812	↑	-11,783	< 0,001
			t_{50}	208,36	20,760				240,83	25,588			
	Xc	5	t_{20}	11,75	3,296	↑	-2,447 ^a	< 0,001	11,28	2,347	↑	-11,813	< 0,001
			t_{50}	13,00	2,681				13,39	2,704			
		50	t_{20}	24,11	3,715	↑	-18,735 ^a	< 0,001	26,06	3,948	↑	-10,162	< 0,001
			t_{50}	25,96	3,533				28,39	4,381			
		100	t_{20}	22,70	5,108	↑	-3,211 ^a	< 0,001	26,72	4,012	↑	-14,644	< 0,001
			t_{50}	25,00	3,197				28,61	4,231			
	ϕ	5	t_{20}	2,66	0,439	↑	-13,687 ^a	0,021	2,33	0,417	↑	-13,242	< 0,001
			t_{50}	2,93	0,445				2,64	0,477			
		50	t_{20}	6,45	0,803	↑	-25,001 ^a	0,003	6,08	0,700	↑	-11,848	< 0,001
			t_{50}	6,73	0,791				6,39	0,742			
		100	t_{20}	6,62	0,717	↑	-19,591 ^a	< 0,001	6,55	0,673	↑	-14,011	< 0,001
			t_{50}	6,83	0,705				6,78	0,710			

R = Resistanz, Xc = Reaktanz, ϕ = Phasenwinkel; f = Frequenz; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; MZP = Messzeitpunkt; RÄ = Richtung der Änderung; ↑ = Wert steigt signifikant an; ↓ = Wert sinkt signifikant; ≈ = Wert ändert sich nicht signifikant

^a Prüfgröße t (t-Test für verbundene Stichproben)

^b Prüfgröße Z (Wilcoxon Test)

Ein Vergleich mittels t-Test bzw. Wilcoxon-Test der Messwerte zu den jeweils aufeinanderfolgenden Messzeitpunkten zwischen t_{20} und t_{50} (Tabellen 76-81) zeigt für einen großen Teil

der Variablen signifikante Unterschiede. (t_{20} - t_{30} Männer: 25/27; Frauen: 23/27; t_{30} - t_{40} Männer: 17/27; Frauen: 24/27; t_{40} - t_{50} : Männer: 20/27; Frauen: 20/27).

Tabelle 76 Vergleich der Messzeitpunkte t_{20} und t_{30} für R, Xc und ϕ bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz für den ganzen Körper mittels t-Test für verbundene Stichproben.

Direkter Messwert	f (kHz)	MZP	Männer (N = 28)					Frauen (N = 18)				
			MW	SD	RÄ	t	P	MW	SD	RÄ	t	P
R	5	t_{20}	530,79	48,18	↑	-12,878	< 0,001	631,50	58,56	↑	-10,103	< 0,001
		t_{30}	537,61	47,94				640,89	58,32			
	50	t_{20}	466,18	44,77	↑	-7,230	< 0,001	568,22	54,26	↑	-6,748	< 0,001
		t_{30}	470,43	45,71				573,22	54,33			
	100	t_{20}	441,82	44,17	↑	-8,949	< 0,001	541,22	52,25	↑	-7,084	< 0,001
		t_{30}	445,21	44,35				545,67	52,40			
Xc	5	t_{20}	25,04	8,05	↑	-4,363	< 0,001	28,44	3,36	↑	-8,841	< 0,001
		t_{30}	27,25	6,70				30,17	3,45			
	50	t_{20}	51,64	6,14	↑	-12,853	< 0,001	57,17	5,96	↑	-7,818	< 0,001
		t_{30}	53,00	5,91				58,61	5,82			
	100	t_{20}	49,29	5,54	↑	-9,316	< 0,001	58,06	6,60	↑	-4,034	0,001
		t_{30}	50,39	5,48				59,44	6,53			
ϕ	5	t_{20}	2,69	0,80	↑	-3,727	0,001	2,59	0,35	↑	-8,078	< 0,001
		t_{30}	2,90	0,64				2,71	0,37			
	50	t_{20}	6,34	0,68	↑	-10,211	< 0,001	5,75	0,39	↑	-8,094	< 0,001
		t_{30}	6,46	0,65				5,86	0,40			
	100	t_{20}	6,38	0,57	↑	-7,443	< 0,001	6,12	0,37	≈	-1,617	0,124
		t_{30}	6,47	0,55				6,19	0,36			

R = Resistanz, Xc = Reaktanz, ϕ = Phasenwinkel; f = Frequenz; MZP = Messzeitpunkt; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; RÄ = Richtung der Änderung; ↑ = Wert steigt signifikant an; ≈ = Wert ändert sich nicht signifikant

Die Werte für den ganzen Körper, die am Zeitpunkt t_{30} gemessen wurden, sind mit einer Ausnahme signifikant ($P < 0,01$) größer gegenüber den Werten zum Zeitpunkt t_{20} (Tabellen 76). Ausnahme ist der Phasenwinkel bei 100 kHz bei den Frauen, der sich nicht signifikant ändert.

Hinsichtlich Arm und Bein sind die Messwerte bei t_{30} ebenfalls signifikant größer gegenüber t_{20} , mit Ausnahme der Reaktanz und des Phasenwinkels bei 5 kHz bei den Männern und der Resistanz bei 50 kHz sowie der Reaktanz und des Phasenwinkels bei 100 kHz bei den Frauen, die sich nicht signifikant unterscheiden (Tabelle 77).

Tabelle 77 Vergleich der Messzeitpunkte t_{20} und t_{30} für R, Xc und ϕ bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz für rechten Arm und rechtes Bein mittels t-Test für verbundene Stichproben bzw. Wilcoxon-Test

Körpersegment	Direkter Messwert	f (kHz)	MZP	Männer (N = 28)					Frauen (N = 18)				
				MW	SD	RÄ	t ^a /Z ^b	P	MW	SD	RÄ	t	P
Arm rechts	R	5	t_{20}	267,75	30,95	↑	-5,089 ^a	< 0,001	334,89	34,61	↑	-3,464	0,003
			t_{30}	269,79	30,79				336,89	34,18			
		50	t_{20}	234,86	29,77	↑	-2,773 ^a	0,010	301,94	32,18	≈	-1,667	0,114
			t_{30}	235,64	29,60				302,78	32,52			
		100	t_{20}	222,46	29,12	↑	-2,295 ^a	0,030	288,17	31,29	↑	-2,715	0,015
			t_{30}	223,14	28,80				289,33	31,15			
	Xc	5	t_{20}	15,82	5,48	↑	-2,455 ^b	0,014	15,33	2,30	↑	-4,761	< 0,001
			t_{30}	16,39	8,60				16,00	2,20			
		50	t_{20}	24,29	2,73	↑	-3,099 ^a	0,004	26,72	2,63	↑	-2,406	0,028
			t_{30}	24,75	2,81				27,17	2,23			
		100	t_{20}	20,82	2,44	↑	-3,855 ^a	0,001	24,83	2,92	≈	-1,426	0,172
			t_{30}	21,29	2,48				25,11	2,72			
	ϕ	5	t_{20}	3,42	1,29	↑	-3,050 ^b	0,014	2,64	0,38	↑	-2,532	0,022
			t_{30}	3,57	1,91				2,70	0,38			
		50	t_{20}	5,93	0,66	↑	-3,476 ^a	0,002	5,07	0,29	↑	-2,560	0,020
			t_{30}	6,02	0,67				5,15	0,32			
		100	t_{20}	5,38	0,48	↑	-4,105 ^a	< 0,001	4,93	0,28	≈	-1,123	0,277
			t_{30}	5,46	0,48				4,97	0,28			
Bein rechts	R	5	t_{20}	242,07	23,94	↑	-17,420 ^a	< 0,001	274,33	28,92	↑	-12,718	< 0,001
			t_{30}	246,50	24,19				279,50	28,78			
		50	t_{20}	213,39	21,32	↑	-11,842 ^a	< 0,001	244,78	25,85	↑	-9,582	< 0,001
			t_{30}	216,11	21,29				248,17	26,08			
		100	t_{20}	202,43	20,48	↑	-15,770 ^a	< 0,001	232,89	24,81	↑	-10,000	< 0,001
			t_{30}	204,93	20,49				236,22	24,87			
	Xc	5	t_{20}	11,75	3,30	≈	-0,216 ^a	0,831	11,28	2,35	↑	-5,000	< 0,001
			t_{30}	11,86	2,48				12,11	2,25			
		50	t_{20}	24,11	3,72	↑	-7,318 ^a	< 0,001	26,06	3,95	↑	-5,333	< 0,001
			t_{30}	24,89	3,57				27,22	4,11			
		100	t_{20}	22,70	5,11	≈	-1,975 ^a	0,059	26,72	4,01	↑	-8,005	< 0,001
			t_{30}	24,11	3,11				27,44	4,03			
	ϕ	5	t_{20}	2,66	0,44	↑	-7,345 ^a	< 0,001	2,33	0,42	↑	-7,987	< 0,001
			t_{30}	2,75	0,43				2,45	0,43			
		50	t_{20}	6,45	0,80	↑	-11,734 ^a	< 0,001	6,08	0,70	↑	-9,591	< 0,001
			t_{30}	6,58	0,78				6,22	0,70			
		100	t_{20}	6,62	0,72	↑	-7,187 ^a	< 0,001	6,55	0,67	↑	-4,961	< 0,001
			t_{30}	6,72	0,69				6,63	0,67			

R = Resistanz, Xc = Reaktanz, ϕ = Phasenwinkel; f = Frequenz; MZP = Messzeitpunkt; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; RÄ = Richtung der Änderung; ↑ = Wert steigt signifikant an; ≈ = Wert ändert sich nicht signifikant;

^a Prüfgröße t (t-Test für verbundene Stichproben)

^b Prüfgröße Z (Wilcoxon Test)

Die Messwerte des ganzen Körpers am Zeitpunkt t_{40} sind bei Männern und Frauen signifikant ($P < 0,05$) größer gegenüber den Messwerten zum Zeitpunkt t_{30} (Tabelle 78).

Tabelle 78 Vergleich der Messzeitpunkte t_{30} und t_{40} für R, Xc und ϕ bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz für den ganzen Körper mittels t-Test für verbundene Stichproben.

Direkter Messwert	f (kHz)	Männer (N = 28)						Frauen (N = 18)				
		MZP	MW	SD	RÄ	t	P	MW	SD	RÄ	t	P
R	5	t_{30}	537,61	47,94	↑	-12,679	< 0,001	640,89	58,32	↑	-11,282	< 0,001
		t_{40}	542,79	48,50				647,00	58,70			
	50	t_{30}	470,43	45,71	↑	-8,132	< 0,001	573,22	54,33	↑	-7,744	< 0,001
		t_{40}	473,21	45,98				576,72	54,09			
	100	t_{30}	445,21	44,35	↑	-8,233	< 0,001	545,67	52,40	↑	-6,737	< 0,001
		t_{40}	447,54	44,61				548,72	52,22			
Xc	5	t_{30}	27,25	6,70	↑	-3,401	0,002	30,17	3,45	↑	-8,005	< 0,001
		t_{40}	28,07	7,31				31,33	3,65			
	50	t_{30}	53,00	5,91	↑	-10,510	< 0,001	58,61	5,82	↑	-9,522	< 0,001
		t_{40}	54,07	5,80				59,94	6,16			
	100	t_{30}	50,39	5,48	↑	-7,550	< 0,001	59,44	6,53	↑	-4,592	< 0,001
		t_{40}	51,07	5,40				60,39	6,46			
ϕ	5	t_{30}	2,90	0,64	↑	-2,809	0,009	2,71	0,37	↑	-6,088	< 0,001
		t_{40}	2,96	0,70				2,78	0,35			
	50	t_{30}	6,46	0,65	↑	-11,929	< 0,001	5,86	0,40	↑	-8,643	< 0,001
		t_{40}	6,53	0,65				5,95	0,40			
	100	t_{30}	6,47	0,55	↑	-9,045	< 0,001	6,19	0,36	↑	-2,363	0,030
		t_{40}	6,53	0,55				6,28	0,36			

R = Resistanz, Xc = Reaktanz, ϕ = Phasenwinkel; f = Frequenz; MZP = Messzeitpunkt; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; RÄ = Richtung der Änderung; ↑ = Wert steigt signifikant an; t_{30} = Messzeitpunkt Start + 30 Minuten; t_{40} = Messzeitpunkt Start + 40 Minuten

Hinsichtlich Arm und Bein sind bei den Männern die Resistanz des Arms bei 5 kHz, die Resistanz des Beins bei 5, 50 und 100 kHz sowie die Reaktanz und der Phasenwinkel bei 50 kHz und 100 kHz zum Zeitpunkt t_{40} signifikant größer ($P < 0,05$) gegenüber t_{30} . Alle anderen direkten Messwerte unterscheiden sich nicht signifikant. Bei den Frauen hingegen sind abgesehen von der Resistanz des Arms bei 50 kHz und 100 kHz sowie dem Phasenwinkel des Beins bei 50 kHz, die sich nicht signifikant unterscheiden, alle Variablen zum Zeitpunkt t_{40} signifikant größer ($P < 0,05$) gegenüber dem Zeitpunkt t_{30} (Tabelle 79).

Tabelle 79 Vergleich der Messzeitpunkte t_{30} und t_{40} für R, Xc und ϕ bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz für rechten Arm und rechtes Bein mittels t-Test für verbundene Stichproben bzw. Wilcoxon-Test

Körpersegment	Direkter Messwert	f (kHz)	MZP	Männer (N = 28)					Frauen (N = 18)				
				MW	SD	RÄ	t ^a /Z ^b	P	MW	SD	RÄ	t	P
Arm rechts	R	5	t_{30}	269,79	30,79	↑	-2,375 ^a	0,025	336,89	34,18	↑	-3,967	0,001
			t_{40}	270,79	30,82				338,56	34,24			
		50	t_{30}	235,64	29,60	≈	-0,795 ^a	0,434	302,78	32,52	≈	-1,122	0,277
			t_{40}	236,61	28,92				303,44	31,90			
		100	t_{30}	223,14	28,80	≈	-1,828 ^a	0,079	289,33	31,15	≈	-1,243	0,231
			t_{40}	224,71	29,36				290,00	30,78			
	Xc	5	t_{30}	16,39	8,60	≈	-0,755 ^b	0,450	16,00	2,20	↑	-3,431	0,003
			t_{40}	15,39	3,73				16,50	2,36			
		50	t_{30}	24,75	2,81	≈	-1,203 ^a	0,240	27,17	2,23	↑	-2,915	0,010
			t_{40}	25,14	3,06				27,50	2,23			
		100	t_{30}	21,29	2,48	≈	-1,780 ^a	0,086	25,11	2,72	↑	-2,557	0,020
			t_{40}	22,00	3,20				25,39	2,85			
	ϕ	5	t_{30}	3,57	1,91	≈	-1,925 ^b	0,054	2,70	0,38	↑	-4,036	0,001
			t_{40}	3,26	0,77				2,79	0,42			
		50	t_{30}	6,02	0,67	≈	-0,923 ^a	0,364	5,15	0,32	↑	-3,385	0,004
			t_{40}	6,07	0,62				5,21	0,32			
		100	t_{30}	5,46	0,48	≈	-1,779 ^a	0,087	4,97	0,28	↑	-2,661	0,016
			t_{40}	5,62	0,65				5,01	0,28			
Bein rechts	R	5	t_{30}	246,50	24,19	↑	-16,117 ^a	< 0,001	279,50	28,78	↑	-9,729	< 0,001
			t_{40}	249,82	24,31				283,89	29,58			
		50	t_{30}	216,11	21,29	↑	-6,355 ^a	< 0,001	248,17	26,08	↑	-9,062	< 0,001
			t_{40}	217,93	21,02				250,89	26,41			
		100	t_{30}	204,93	20,49	↑	-5,802 ^a	< 0,001	236,22	24,87	↑	-9,127	< 0,001
			t_{40}	206,46	20,30				238,56	25,39			
	Xc	5	t_{30}	11,86	2,48	≈	-0,704 ^a	0,487	12,11	2,25	↑	-2,755	0,014
			t_{40}	12,11	2,39				12,67	2,50			
		50	t_{30}	24,89	3,57	↑	-6,000 ^a	< 0,001	27,22	4,11	↑	-5,831	< 0,001
			t_{40}	25,46	3,69				27,89	4,38			
		100	t_{30}	24,11	3,11	↑	-3,873 ^a	0,001	27,44	4,03	↑	-3,431	0,003
			t_{40}	24,46	3,18				27,94	4,22			
	ϕ	5	t_{30}	2,75	0,43	≈	-0,558 ^a	0,581	2,45	0,43	↑	-8,957	< 0,001
			t_{40}	2,79	0,45				2,55	0,45			
		50	t_{30}	6,58	0,78	↑	-6,056 ^a	< 0,001	6,22	0,70	≈	-0,681	0,505
			t_{40}	6,65	0,78				6,26	0,73			
		100	t_{30}	6,72	0,69	↑	-3,841 ^a	0,001	6,63	0,67	↑	-4,181	0,001
			t_{40}	6,77	0,69				6,70	0,70			

R = Resistanz, Xc = Reaktanz, ϕ = Phasenwinkel; f = Frequenz; MZP = Messzeitpunkt; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; RÄ = Richtung der Änderung; ↑ = Wert steigt signifikant an; ≈ = Wert ändert sich nicht signifikant;

^a Prüfgröße t (t-Test für verbundene Stichproben)

^b Prüfgröße Z (Wilcoxon Test)

Zwischen den Zeitpunkten t_{40} und t_{50} unterscheiden sich alle direkten Messwerte für den ganzen Körper signifikant ($P < 0,05$) mit größeren Werten bei t_{50} (Tabelle 80).

Tabelle 80 Vergleich der Messzeitpunkte t_{40} und t_{50} für R, Xc und ϕ bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz für den ganzen Körper mittels t-Test für verbundene Stichproben.

Direkter Messwert	f (kHz)	MZP	Männer (N = 28)					Frauen (N = 18)				
			MW	SD	RÄ	t	P	MW	SD	RÄ	t	P
R	5	t_{40}	542,79	48,50	↑	-7,663	< 0,001	647,0 0	58,70	↑	-6,388	< 0,001
		t_{50}	547,14	48,94				653,0 6	59,89			
	50	t_{40}	473,21	45,98	↑	-6,088	< 0,001	576,7 2	54,09	↑	-4,514	< 0,001
		t_{50}	476,11	45,94				580,8 3	55,26			
	100	t_{40}	447,54	44,61	↑	-7,310	< 0,001	548,7 2	52,22	↑	-4,998	< 0,001
		t_{50}	450,07	44,67				552,7 2	53,23			
Xc	5	t_{40}	28,07	7,31	↑	-2,747	0,011	31,33	3,65	↑	-4,592	< 0,001
		t_{50}	29,68	6,48				32,28	3,58			
	50	t_{40}	54,07	5,80	↑	-4,423	< 0,001	59,94	6,16	↑	-7,141	< 0,001
		t_{50}	54,79	5,98				60,94	6,14			
	100	t_{40}	51,07	5,40	↑	-6,553	< 0,001	60,39	6,46	↑	-5,524	< 0,001
		t_{50}	51,75	5,56				61,33	6,69			
ϕ	5	t_{40}	2,96	0,70	↑	-2,308	0,029	2,78	0,35	↑	-5,039	< 0,001
		t_{50}	3,10	0,58				2,84	0,36			
	50	t_{40}	6,53	0,65	↑	-5,454	< 0,001	5,95	0,40	↑	-6,071	< 0,001
		t_{50}	6,59	0,66				6,01	0,40			
	100	t_{40}	6,53	0,55	↑	-4,671	< 0,001	6,28	0,36	↑	-4,057	0,001
		t_{50}	6,56	0,56				6,33	0,36			

R = Resistanz, Xc = Reaktanz, ϕ = Phasenwinkel; f = Frequenz; MZP = Messzeitpunkt; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; RÄ = Richtung der Änderung; ↑ = Wert steigt signifikant an;

Beim Arm unterscheiden sich die Messwerte nicht signifikant mit Ausnahme der Resistanz, der Reaktanz und des Phasenwinkels bei 5 kHz bei den Männern sowie der Reaktanz bei 5 kHz und 50 kHz bei den Frauen (Tabelle 81). Diese sind zum Zeitpunkt t_{50} signifikant größer gegenüber dem Zeitpunkt t_{40} ($P < 0,05$).

Hinsichtlich des Beins sind bei den Frauen alle Messwerte zum Zeitpunkt t_{50} signifikant größer ($P < 0,05$) gegenüber dem Zeitpunkt t_{40} . Bei den Männern trifft dies ebenso zu, Ausnahme ist allerdings der Phasenwinkel bei 5 kHz, der sich zwischen t_{40} und t_{50} nicht signifikant unterscheidet.

Tabelle 81 Vergleich der Messzeitpunkte t_{40} und t_{50} für R, Xc und ϕ bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz für rechten Arm und rechtes Bein mittels t-Test für verbundene Stichproben bzw. Wilcoxon-Test

Körpersegment	Direkter Messwert	f (kHz)	MZP	Männer (N = 28)					Frauen (N = 18)				
				MW	SD	RÄ	t ^a /Z ^b	P	MW	SD	RÄ	t	P
Arm rechts	R	5	t_{40}	270,79	30,82	↑	-2,393	0,024	338,56	34,24	↑	-2,818	0,012
			t_{50}	272,00	30,98				340,67	35,13			
		50	t_{40}	236,61	28,92	≈	-0,352	0,728	303,44	31,90	↑	-2,223	0,040
			t_{50}	237,04	29,81				305,17	32,82			
		100	t_{40}	224,71	29,36	≈	0,036	0,972	290,00	30,78	≈	-1,547	0,140
			t_{50}	224,68	28,97				291,11	32,02			
	Xc	5	t_{40}	15,39	3,73	↑	-3,104	0,004	16,50	2,36	≈	-1,458	0,163
			t_{50}	15,71	3,73				16,72	2,44			
		50	t_{40}	25,14	3,06	≈	0,000	1,000	27,50	2,23	≈	-1,458	0,163
			t_{50}	25,14	2,88				27,72	2,49			
		100	t_{40}	22,00	3,20	≈	1,417	0,168	25,39	2,85	≈	-1,458	0,163
			t_{50}	21,43	2,62				25,83	2,83			
	ϕ	5	t_{40}	3,26	0,77	↑	-3,684	0,001	2,79	0,42	≈	-1,012	0,326
			t_{50}	3,32	0,79				2,81	0,41			
		50	t_{40}	6,07	0,62	≈	0,519	0,608	5,21	0,32	≈	-0,068	0,947
			t_{50}	6,06	0,61				5,21	0,32			
		100	t_{40}	5,62	0,65	≈	1,886	0,070	5,01	0,28	≈	-1,428	0,171
			t_{50}	5,41	0,61				5,09	0,37			
Bein rechts	R	5	t_{40}	249,82	24,31	↑	-12,504	< 0,001	283,89	29,58	↑	-18,028	< 0,001
			t_{50}	252,93	24,53				287,50	30,09			
		50	t_{40}	217,93	21,02	↑	-6,424	< 0,001	250,89	26,41	↑	-14,715	< 0,001
			t_{50}	220,21	21,43				253,33	26,70			
		100	t_{40}	206,46	20,30	↑	-5,465	< 0,001	238,56	25,39	↑	-20,968	< 0,001
			t_{50}	208,36	20,76				240,83	25,59			
	Xc	5	t_{40}	12,11	2,39	↑	-2,550	0,017	12,67	2,50	↑	-5,333	< 0,001
			t_{50}	13,00	2,68				13,39	2,70			
		50	t_{40}	25,46	3,69	↑	-5,196	< 0,001	27,89	4,38	↑	-4,123	0,001
			t_{50}	25,96	3,53				28,39	4,38			
		100	t_{40}	24,46	3,18	↑	-5,582	< 0,001	27,94	4,22	↑	-4,761	< 0,001
			t_{50}	25,00	3,20				28,61	4,23			
	ϕ	5	t_{40}	2,79	0,45	≈	-1,984	0,058	2,55	0,45	↑	-5,301	< 0,001
			t_{50}	2,93	0,45				2,64	0,48			
		50	t_{40}	6,65	0,78	↑	-12,056	< 0,001	6,26	0,73	↑	-2,442	0,026
			t_{50}	6,73	0,79				6,39	0,74			
		100	t_{40}	6,77	0,69	↑	-5,582	< 0,001	6,70	0,70	↑	-4,887	< 0,001
			t_{50}	6,83	0,70				6,78	0,71			

R = Resistanz, Xc = Reaktanz, ϕ = Phasenwinkel; f = Frequenz; MZP = Messzeitpunkt; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; RÄ = Richtung der Änderung; ↑ = Wert steigt signifikant an; ≈ = Wert ändert sich nicht signifikant

^a Prüfgröße t (t-Test für verbundene Stichproben)

^b Prüfgröße Z (Wilcoxon Test)

Die prozentualen Unterschiede der Messwerte zwischen t_{20} und t_{30} wurden mittels Wilcoxon-Test mit den prozentualen Unterschieden der Messwerte zwischen t_{30} und t_{40} verglichen sowie die Unterschiede der Messwerte zwischen t_{30} und t_{40} mit den prozentualen Unterschieden der

Messwerte zwischen t_{40} und t_{50} . Die Differenzen zwischen t_{20} und t_{30} unterscheiden sich in 16/27 Variablen (Männer) bzw. 7/27 Variablen (Frauen) signifikant von den Differenzen zwischen t_{30} und t_{40} (Tabelle 82, 83).

Tabelle 82 Vergleich der prozentualen Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten t_{20} und t_{30} mit den Unterschieden zwischen den Messzeitpunkten t_{30} und t_{40} des ganzen Körpers mittels Wilcoxon-Test

direkter Messwert	f (kHz)	Unterschiede der Messzeitpunkte (%)	Männer (N = 28)				Frauen (N = 18)			
			MW	SD	Z	P	MW	SD	Z	P
R	5	$t_{30} - t_{20}$	1,30	0,60	-2,277	0,023	1,50	0,70	-2,635	0,008
		$t_{40} - t_{30}$	1,00	0,40			1,00	0,40		
	50	$t_{30} - t_{20}$	0,90	0,60	-2,414	0,016	0,90	0,60	-1,633	0,102
		$t_{40} - t_{30}$	0,60	0,40			0,60	0,30		
	100	$t_{30} - t_{20}$	0,80	0,40	-2,163	0,031	0,80	0,50	-1,633	0,102
		$t_{40} - t_{30}$	0,50	0,30			0,60	0,40		
Xc	5	$t_{30} - t_{20}$	34,40	140,40	-3,165	0,002	6,10	3,10	-2,527	0,012
		$t_{40} - t_{30}$	2,30	7,20			3,90	2,10		
	50	$t_{30} - t_{20}$	2,70	1,30	-2,733	0,006	2,60	1,40	-1,590	0,112
		$t_{40} - t_{30}$	2,10	1,10			2,20	0,90		
	100	$t_{30} - t_{20}$	2,30	1,40	-3,280	0,001	2,50	2,50	-1,799	0,072
		$t_{40} - t_{30}$	1,40	1,00			1,60	1,50		
φ	5	$t_{30} - t_{20}$	33,50	142,90	-3,051	0,002	4,70	2,50	-2,243	0,025
		$t_{40} - t_{30}$	1,60	6,50			2,80	2,10		
	50	$t_{30} - t_{20}$	1,90	1,10	-2,983	0,003	2,00	1,00	-1,590	0,112
		$t_{40} - t_{30}$	1,10	0,50			1,40	0,70		
	100	$t_{30} - t_{20}$	1,30	1,00	-1,526	0,127	1,20	2,90	-0,240	0,811
		$t_{40} - t_{30}$	1,00	0,50			1,30	2,30		

N = Probandenanzahl; SD = Standardabweichung; f = Frequenz; MW = Mittelwert; R = Resistanz; Xc = Reaktanz; φ = Phasenwinkel

Für den ganzen Körper gilt (Tabelle 82), dass bei den Männern der prozentuale Unterschied zwischen t_{20} und t_{30} bis auf eine Ausnahme signifikant größer ist als der prozentuale Unterschied zwischen t_{30} und t_{40} . Der Unterschied im Phasenwinkel bei 100 kHz von t_{20} zu t_{30} unterscheidet sich nicht signifikant vom Unterschied zwischen t_{30} und t_{40} . Bei den Frauen gibt es nur signifikante Unterschiede zwischen dem prozentualen Unterschied zwischen t_{20} und t_{30} und dem prozentualen Unterschied zwischen t_{30} und t_{40} in Resistanz, Reaktanz und Phasenwinkel bei 5 kHz.

Hinsichtlich Arm und Bein (Tabelle 83) gibt es signifikante Unterschiede im prozentualen Unterschied zwischen t_{20} und t_{30} und dem prozentualen Unterschied zwischen t_{30} und t_{40} bei den Männern bei der Resistanz des Arms bei 5 kHz sowie bei der Resistanz des Beines bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz und der Reaktanz und dem Phasenwinkel des Beines bei 50 kHz und 100 kHz. Bei den Frauen unterscheiden sich die prozentualen Unterschiede $t_{20} - t_{30}$ und

t_{30} - t_{40} signifikant im Bein bei der Resistanz bei 5 kHz und 100 kHz sowie bei der Reaktanz und dem Phasenwinkel bei 50 kHz. Bei allen signifikanten Unterschieden ist der prozentuale Unterschied zwischen t_{30} und t_{40} signifikant kleiner ($P < 0,05$) als der prozentuale Unterschied zwischen t_{20} und t_{30} .

Tabelle 83 Vergleich der prozentualen Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten t_{20} und t_{30} mit den Unterschieden zwischen den Messzeitpunkten t_{30} und t_{40} des Arms und des Beins mittels Wilcoxon-Test

Körper- segment	direkter Messwert	f (kHz)	Unterschiede der Mess- zeitpunkte (%)	Männer (N = 28)				Frauen (N = 18)			
				MW	SD	Z	P	MW	SD	Z	P
Arm rechts	R	5	t_{30} - t_{20}	0,8	0,8	-2,018	0,044	0,6	0,8	-0,592	0,554
			t_{40} - t_{30}	0,4	0,8			0,5	0,5		
		50	t_{30} - t_{20}	0,4	0,6	-0,240	0,810	0,3	0,7	-0,022	0,983
			t_{40} - t_{30}	0,5	2,6			0,2	0,8		
		100	t_{30} - t_{20}	0,3	0,7	-0,190	0,849	0,4	0,6	-0,362	0,717
			t_{40} - t_{30}	0,7	2,1			0,2	0,7		
	Xc	5	t_{30} - t_{20}	3,4	14,7	-1,778	0,075	4,6	4,2	-1,450	0,147
			t_{40} - t_{30}	-2,3	15,9			3,1	4,1		
		50	t_{30} - t_{20}	1,9	3,3	-0,427	0,670	1,9	3,2	-0,541	0,588
			t_{40} - t_{30}	1,7	6,7			1,2	1,8		
		100	t_{30} - t_{20}	2,3	3,1	-0,430	0,667	1,3	3,5	-0,864	0,388
			t_{40} - t_{30}	3,4	10,1			1,1	1,8		
	φ	5	t_{30} - t_{20}	1,9	13,2	-1,344	0,179	2,5	3,9	-0,022	0,983
			t_{40} - t_{30}	-2,2	15,6			3,1	3,3		
		50	t_{30} - t_{20}	1,6	2,2	-1,298	0,194	1,7	2,8	-0,152	0,879
			t_{40} - t_{30}	1,0	4,1			1,1	1,4		
		100	t_{30} - t_{20}	1,6	2,0	-0,455	0,649	0,7	2,7	-0,240	0,811
			t_{40} - t_{30}	2,8	7,9			0,9	1,3		
Bein rechts	R	5	t_{30} - t_{20}	1,8	0,6	-3,370	0,001	1,9	0,7	-1,982	0,048
			t_{40} - t_{30}	1,4	0,4			1,6	0,7		
		50	t_{30} - t_{20}	1,3	0,6	-2,983	0,003	1,4	0,6	-1,677	0,094
			t_{40} - t_{30}	0,9	0,7			1,1	0,5		
		100	t_{30} - t_{20}	1,2	0,4	-3,780	0,000	1,4	0,6	-2,635	0,008
			t_{40} - t_{30}	0,8	0,6			1,0	0,4		
	Xc	5	t_{30} - t_{20}	5,7	5,5	-1,330	0,184	8,4	7,7	-1,587	0,112
			t_{40} - t_{30}	3,1	11,3			4,5	6,5		
		50	t_{30} - t_{20}	3,5	2,6	-1,982	0,047	4,5	2,3	-3,149	0,002
			t_{40} - t_{30}	2,3	2,1			2,4	1,8		
		100	t_{30} - t_{20}	3,2	2,4	-2,466	0,014	2,8	2,2	-1,350	0,177
			t_{40} - t_{30}	1,5	2,1			1,8	2,3		
	φ	5	t_{30} - t_{20}	3,9	2,7	-0,319	0,750	5,1	2,7	-0,544	0,586
			t_{40} - t_{30}	2,1	10,4			4,3	1,8		
		50	t_{30} - t_{20}	2,1	1,1	-3,097	0,002	2,3	1,0	-2,243	0,025
			t_{40} - t_{30}	1,0	0,9			0,6	3,6		
		100	t_{30} - t_{20}	1,6	1,3	-2,095	0,036	1,2	1,0	-0,370	0,711
			t_{40} - t_{30}	0,8	1,1			1,1	1,1		

N = Probandenanzahl; f = Frequenz; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; R = Resistanz; Xc = Reaktanz; φ = Phasenwinkel

Die Differenzen zwischen t_{30} und t_{40} unterscheiden sich mit Ausnahme von drei Variablen (Männer) bzw. von zwei Variablen (Frauen) nicht signifikant von den Differenzen zwischen t_{40} und t_{50} (Tabelle 84, 85).

Tabelle 84 Vergleich der prozentualen Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten t_{30} und t_{40} mit den Unterschieden zwischen den Messzeitpunkten t_{40} und t_{50} des ganzen Körpers mittels Wilcoxon-Test

direkter Messwert	f (kHz)	Unterschiede der Messzeitpunkte (%)	Männer (N = 28)				Frauen (N = 18)			
			MW	SD	Z	P	MW	SD	Z	P
R	5	$t_{40}-t_{30}$	1,00	0,40	-1,275	0,202	1,00	0,40	-1,328	0,184
		$t_{50}-t_{40}$	0,80	0,50			0,90	0,60		
	50	$t_{40}-t_{30}$	0,60	0,40	-0,168	0,866	0,60	0,30	-0,806	0,420
		$t_{50}-t_{40}$	0,60	0,50			0,70	0,60		
	100	$t_{40}-t_{30}$	0,50	0,30	-0,068	0,946	0,60	0,40	-0,457	0,647
		$t_{50}-t_{40}$	0,60	0,40			0,70	0,60		
Xc	5	$t_{40}-t_{30}$	2,30	7,20	-0,979	0,327	3,90	2,10	-1,255	0,210
		$t_{50}-t_{40}$	11,10	39,60			3,10	3,10		
	50	$t_{40}-t_{30}$	2,10	1,10	-2,574	0,010	2,20	0,90	-1,895	0,058
		$t_{50}-t_{40}$	1,30	1,60			1,70	1,10		
	100	$t_{40}-t_{30}$	1,40	1,00	-0,913	0,361	1,60	1,50	-0,544	0,586
		$t_{50}-t_{40}$	1,30	1,00			1,50	1,20		
φ	5	$t_{40}-t_{30}$	1,60	6,50	-1,503	0,133	2,80	2,10	-1,241	0,215
		$t_{50}-t_{40}$	9,60	35,70			2,00	1,70		
	50	$t_{40}-t_{30}$	1,10	0,50	-1,731	0,084	1,40	0,70	-2,156	0,031
		$t_{50}-t_{40}$	0,90	0,80			1,00	0,70		
	100	$t_{40}-t_{30}$	1,00	0,50	-2,869	0,004	1,30	2,30	-1,154	0,248
		$t_{50}-t_{40}$	0,50	0,50			0,80	0,90		

N = Probandenanzahl; f = Frequenz; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; R = Resistanz; Xc = Reaktanz; φ = Phasenwinkel

Beim ganzen Körper (Tabelle 84) ist bei den Männern der prozentuale Unterschied zwischen t_{40} und t_{50} signifikant kleiner als der prozentuale Unterschied zwischen t_{30} und t_{40} bei der Reaktanz bei 50 kHz und dem Phasenwinkel bei 100 kHz. Bei Frauen gibt es keine signifikanten Unterschiede.

Beim Arm (Tabelle 85) unterscheiden sich bei den Männern die prozentualen Abweichungen zwischen t_{30} und t_{40} signifikant von den prozentualen Abweichungen zwischen t_{40} und t_{50} ausschließlich im Phasenwinkel bei 100 kHz ($P = 0,007$). Während der mittlere Wert von t_{30} zu t_{40} im Mittel um 2,8% steigt, sinkt der mittlere Wert von t_{40} zu t_{50} im Mittel um 3,2%.

Bei den Frauen ist beim Bein in der Resistanz bei 5 kHz der prozentuale Unterschied zwischen t_{40} und t_{50} signifikant kleiner ($P = 0,039$) als der prozentuale Unterschied zwischen t_{30} und t_{40} . Alle anderen Variablen unterscheiden sich nicht signifikant.

Tabelle 85 Vergleich der prozentualen Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten t_{30} und t_{40} mit den Unterschieden zwischen den Messzeitpunkten t_{40} und t_{50} des Arms und des Beins mittels Wilcoxon-Test

Körper- segment	direkter Messwert	f (kHz)	Unterschiede der Mess- zeitpunkte (%)	Männer (N = 28)				Frauen (N = 18)			
				MW	SD	Z	P	MW	SD	Z	P
Arm rechts	R	5	$t_{40}-t_{30}$	0,40	0,80	-0,493	0,622	0,50	0,50	-0,240	0,811
			$t_{50}-t_{40}$	0,50	1,00			0,60	0,90		
		50	$t_{40}-t_{30}$	0,50	2,60	-0,024	0,981	0,20	0,80	-0,544	0,586
			$t_{50}-t_{40}$	0,20	2,50			0,60	1,00		
		100	$t_{40}-t_{30}$	0,70	2,10	-0,305	0,761	0,20	0,70	-0,310	0,756
			$t_{50}-t_{40}$	0,00	2,20			0,40	1,00		
	Xc	5	$t_{40}-t_{30}$	-2,30	15,90	-1,229	0,219	3,10	4,10	-0,980	0,327
			$t_{50}-t_{40}$	2,30	4,10			1,40	4,00		
		50	$t_{40}-t_{30}$	1,70	6,70	-0,909	0,363	1,20	1,80	-0,845	0,398
			$t_{50}-t_{40}$	0,20	4,30			0,80	2,40		
		100	$t_{40}-t_{30}$	3,40	10,10	-1,864	0,062	1,10	1,80	-0,314	0,754
			$t_{50}-t_{40}$	-2,00	7,30			1,90	5,60		
	φ	5	$t_{40}-t_{30}$	-2,20	15,60	-0,501	0,616	3,10	3,30	-1,764	0,078
			$t_{50}-t_{40}$	1,30	3,20			1,00	3,60		
		50	$t_{40}-t_{30}$	1,00	4,10	-1,890	0,059	1,10	1,40	-1,894	0,058
			$t_{50}-t_{40}$	-0,20	2,20			0,10	1,90		
		100	$t_{40}-t_{30}$	2,80	7,90	-2,710	0,007	0,90	1,30	-0,544	0,586
			$t_{50}-t_{40}$	-3,20	9,00			1,70	5,00		
Bein rechts	R	5	$t_{40}-t_{30}$	1,40	0,40	-1,867	0,062	1,60	0,70	-2,069	0,039
			$t_{50}-t_{40}$	1,20	0,50			1,30	0,30		
		50	$t_{40}-t_{30}$	0,90	0,70	-0,956	0,339	1,10	0,50	-1,415	0,157
			$t_{50}-t_{40}$	1,00	0,80			1,00	0,30		
		100	$t_{40}-t_{30}$	0,80	0,60	-1,298	0,194	1,00	0,40	-0,675	0,500
			$t_{50}-t_{40}$	0,90	0,80			1,00	0,20		
	Xc	5	$t_{40}-t_{30}$	3,10	11,30	-0,132	0,895	4,50	6,50	-0,259	0,796
			$t_{50}-t_{40}$	8,50	20,60			5,60	4,50		
		50	$t_{40}-t_{30}$	2,30	2,10	-0,013	0,990	2,40	1,80	-0,750	0,453
			$t_{50}-t_{40}$	2,10	2,20			1,80	1,90		
		100	$t_{40}-t_{30}$	1,50	2,10	-1,050	0,294	1,80	2,30	-0,155	0,877
			$t_{50}-t_{40}$	2,20	2,10			2,50	2,40		
	φ	5	$t_{40}-t_{30}$	2,10	10,40	-1,753	0,080	4,30	1,80	-0,980	0,327
			$t_{50}-t_{40}$	5,90	19,00			3,30	2,80		
		50	$t_{40}-t_{30}$	1,00	0,90	-0,888	0,374	0,60	3,60	-0,588	0,557
			$t_{50}-t_{40}$	1,30	0,60			2,20	4,10		
		100	$t_{40}-t_{30}$	0,80	1,10	-0,091	0,927	1,10	1,10	-1,154	0,248
			$t_{50}-t_{40}$	0,80	0,80			1,20	1,00		

N = Probandenanzahl; f = Frequenz; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; R = Resistanz; Xc = Reaktanz; φ = Phasenwinkel

3.10.2 Veränderung des Blutdrucks im Stehen und im Liegen

Der Blutdruck wurde zu den Messzeitpunkten t_0 , t_{10} , t_{20} , t_{30} , t_{40} und t_{50} bestimmt, die Messungen zu den Zeitpunkten t_0 und t_{10} fanden im Stehen statt, ab t_{20} im Liegen. In Tabelle 86 sind die mittleren Werte von Systole, Diastole und Puls zu den jeweiligen Messzeitpunkten aufgeführt. Der Verlauf der Messwerte über die Zeitpunkte t_0 bis t_{50} ist in Anhang A-17 grafisch dargestellt.

Tabelle 86 Mittlere Werte für Systole, Diastole und Puls zu den Zeitpunkten $t_0 - t_{50}$

Messwert	Messzeitpunkt	Männer (N = 27)		Frauen (N = 18)	
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD
Systole (mmHg)	t_0	138,19	11,83	133,28	15,40
	t_{10}	138,93	18,22	125,67	12,44
	t_{20}	124,92	14,33	116,17	19,38
	t_{30}	126,85	15,93	116,50	12,86
	t_{40}	124,81	14,40	116,89	14,72
	t_{50}	126,63	18,53	122,06	24,31
Diastole (mmHg)	t_0	90,56	9,44	86,11	13,71
	t_{10}	92,48	15,81	80,22	10,99
	t_{20}	77,38	12,22	72,33	15,55
	t_{30}	77,89	11,61	70,78	7,90
	t_{40}	76,67	11,51	70,94	12,62
	t_{50}	80,67	13,90	71,50	12,86
Puls (bpm)	t_0	67,96	11,24	75,06	11,63
	t_{10}	70,44	11,89	77,78	12,22
	t_{20}	59,65	8,44	61,44	7,78
	t_{30}	58,93	8,74	60,89	7,40
	t_{40}	58,00	7,82	63,22	9,78
	t_{50}	58,96	8,11	60,89	7,55

bpm = Schläge pro Minute (beats per minute); N = Probandenanzahl; SD = Standardabweichung

Mittels ANOVA für Messwertwiederholungen wurden die Zeitpunkte $t_0 - t_{50}$ hinsichtlich Systole, Diastole und Puls miteinander verglichen. Es gibt bei Männern und Frauen signifikante Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten für die Systole (Männer: $F = 11,698$; $P < 0,001$; Frauen: $F = 6,887$; $P < 0,001$) und die Diastole (Männer: $F = 16,729$; $P < 0,001$; Frauen: $F = 9,833$; $P < 0,001$). Hinsichtlich des Pulses unterscheiden sich die Messwerte signifikant sowohl bei Männern ($F = 26,059$; $P < 0,001$) als auch bei Frauen ($F = 41,756$; $P < 0,001$).

Tabelle 87 Vergleich von t_0 und t_{20} sowie t_{20} und t_{50} hinsichtlich Systole, Diastole und Puls mittels t-Test nach Student für gepaarte Stichproben

MZIP	Messwert	Männer (N = 30)		Frauen (N = 20)	
		t	P	t	P
$t_0 - t_{20}$	Systole (mmHg)	5,496	< 0,001	1,645	0,116
	Diastole (mmHg)	6,270	< 0,001	4,019	0,001
	Puls (Schläge/Min.)	4,410	< 0,001	10,526	< 0,001
$t_{20} - t_{50}$	Systole (mmHg)	-0,730	0,471	-1,398	0,178
	Diastole (mmHg)	-1,601	0,120	0,106	0,917
	Puls (Schläge/Min.)	1,267	0,215	0,965	0,347

MZIP = Messzeitpunkt; t_0 = Erster Messzeitpunkt im Stehen; t_{20} = t_0 + 20 Minuten, erster Messpunkt im Liegen; t_{50} = t_0 + 50 Minuten, letzter Messzeitpunkt im Liegen

Mittels t-Test für gepaarte Stichproben (Tabelle 87) wurden Systole, Diastole und Puls zu den Zeitpunkten t_0 und t_{20} sowie zu den Zeitpunkten t_{20} und t_{50} verglichen. Bei den Männern gibt es signifikante Unterschiede in Systole, Diastole und Puls zwischen den Messzeitpunkten t_0 und t_{20} ($P < 0,001$) mit höheren Werten bei t_0 als bei t_{20} . Bei den Frauen sind Diastole und Puls bei t_0 signifikant größer als bei t_{20} ($P < 0,01$ bzw. $P < 0,001$). Bei Männern und Frauen gibt es keine signifikanten Unterschiede in Systole, Diastole und Puls zwischen t_{20} und t_{50} .

3.10.3 Einfluss der Muskelspannung im Bein

Die Maximal-, Mittel-, und Integralwerte (EMG-Max, EMG-Mean, EMG-Integral) der elektromyographischen Ableitung des Beines wurden im Liegen und im Stehen erfasst und mittels Wilcoxon-Test miteinander verglichen (Tabelle 88). Alle drei Parameter unterscheiden sich sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen signifikant zwischen der Stehend- und der Liegendmessung (jedes $P < 0,001$).

Tabelle 88 Vergleich der Muskelspannung im Stehen und im Liegen hinsichtlich maximaler Muskelspannung, mittlerer Muskelspannung und Integral über den Spannungsverlauf mittels Wilcoxon-Test

Variable	Männer (N = 52)				Frauen (N = 50)			
	Liegend	Stehend	Wilcoxon-Test		Liegend	Stehend	Wilcoxon-Test	
	MW (\pm SD)	MW (\pm SD)	Z	P	MW (\pm SD)	MW (\pm SD)	Z	P
EMG-Max	0,01250 (\pm 0,01942)	0,05667 (\pm 0,08134)	-5,956	< 0,001	0,01854 (\pm 0,05347)	0,01487 (\pm 0,04927)	-5,247	< 0,001
EMG-Mean	0,00851 (\pm 0,01763)	0,02681 (\pm 0,03774)	-6,102	< 0,001	0,29814 (\pm 0,98576)	0,04445 (\pm 0,07207)	-5,198	< 0,001
EMG-Integral	0,17493 (\pm 0,35416)	0,44252 (\pm 0,50820)	-5,847	< 0,001	0,02331 (\pm 0,03343)	0,46426 (\pm 0,67121)	-5,169	< 0,001

EMG-Max = maximale Muskelspannung; EMG-Mean = mittlere Muskelspannung;

EMG-Integral = Integral über die Muskelspannung; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung

Korrelationen nach Spearman ergaben hauptsächlich signifikante Zusammenhänge bei den Männern zwischen EMG-Werten im Stehen und Phasenwinkeln. Für EMG-Max stehend gibt es signifikante Zusammenhänge mit den Phasenwinkeln des ganzen Körpers bei 50 kHz und 100 kHz im Liegen und im Stehen (Tabelle 89). Im rechten Arm korrelieren die Phasenwinkel bei 50 kHz im Liegen und bei 100 kHz im Stehen und im Liegen (Tabelle 90), sowie im linken Arm bei 100 kHz im Liegen mit EMG-Max stehend (Tabelle 91). Im Bein gibt es signifikante Korrelationen von EMG-Max stehend mit den Phasenwinkeln bei 50 kHz und 100 kHz im Liegen und im Stehen auf der rechten sowie auf der linken Körperseite (Tabellen 92, 93), sowie mit der Resistanz bei 50 kHz und 100 kHz auf der linken Seite im Stehen.

EMG-Mittel stehend korreliert bei den Männern mit den Phasenwinkeln des ganzen Körpers bei 50 kHz im Liegen und bei 100 kHz im Stehen und im Liegen ($P < 0,05$). Im rechten Arm korreliert EMG-Mittel stehend mit dem Phasenwinkel bei 100 kHz im Stehen und im Liegen ($P < 0,05$). Im Bein korreliert EMG-Mittel stehend mit den Phasenwinkeln auf der rechten Seite bei 50 kHz und 100 kHz ($P < 0,05$), sowie auf der linken Seite mit der Resistanz bei 100 kHz im Stehen und den Phasenwinkeln bei 5 kHz im Liegen, bei 50 kHz im Liegen und im Stehen und bei 100 kHz im Stehen ($P < 0,05$).

Tabelle 89 Zusammenhänge zwischen Elektromyographie und direkten Messwerten der segmentalen Bioimpedanzanalyse des ganzen Körpers mit Korrelationen nach Spearman (Männer: N = 52; Frauen: N = 50)

direkter Messwert	Korrelation	liegend						stehend					
		EMG - Max (mV).		EMG - Mittel (mV).		EMG - Integral (mV).		EMG - Max (mV).		EMG - Mittel (mV).		EMG - Integral (mV).	
		Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen
R5 (Ω)	σ	0,056	0,154	0,043	0,164	0,063	0,171	0,092	0,006	0,098	0,065	0,068	0,044
stehend	P	0,695	0,285	0,760	0,255	0,656	0,236	0,517	0,967	0,490	0,656	0,633	0,763
R5 (Ω)	σ	0,071	0,136	0,048	0,166	0,066	0,174	0,100	0,010	0,099	0,072	0,073	0,068
liegend	P	0,617	0,346	0,736	0,251	0,641	0,227	0,480	0,946	0,483	0,620	0,609	0,637
R50 (Ω)	σ	0,099	0,145	0,077	0,132	0,085	0,137	0,148	0,032	0,155	0,101	0,129	0,074
stehend	P	0,483	0,317	0,588	0,359	0,547	0,341	0,296	0,826	0,272	0,486	0,361	0,611
R50 (Ω)	σ	0,098	0,123	0,051	0,121	0,057	0,127	0,168	0,014	0,211	0,087	0,187	0,071
liegend	P	0,489	0,394	0,720	0,401	0,686	0,380	0,234	0,922	0,134	0,550	0,183	0,624
R100 (Ω)	σ	0,128	0,140	0,102	0,132	0,113	0,136	0,180	0,035	0,165	0,112	0,143	0,084
stehend	P	0,368	0,333	0,474	0,362	0,427	0,346	0,201	0,808	0,243	0,439	0,313	0,560
R100 (Ω)	σ	0,118	0,133	0,080	0,119	0,082	0,123	0,147	0,020	0,143	0,094	0,123	0,074
liegend	P	0,403	0,358	0,572	0,412	0,565	0,395	0,297	0,889	0,312	0,515	0,386	0,608
Xc5 (Ω)	σ	0,013	0,003	0,025	0,059	0,082	0,052	0,109	0,028	0,026	0,020	0,056	0,105
stehend	P	0,929	0,981	0,859	0,683	0,561	0,718	0,443	0,848	0,854	0,891	0,695	0,466
Xc5 (Ω)	σ	-0,033	-0,018	-0,033	0,065	0,029	0,061	0,127	0,052	0,051	0,038	0,064	0,131
liegend	P	0,814	0,901	0,815	0,652	0,839	0,673	0,368	0,720	0,718	0,795	0,652	0,366
Xc50 (Ω)	σ	-0,147	0,049	-0,081	0,179	-0,041	0,183	-0,167	-0,005	-0,174	-0,021	-0,212	0,011
stehend	P	0,300	0,737	0,568	0,212	0,772	0,203	0,236	0,975	0,216	0,887	0,131	0,937
Xc50 (Ω)	σ	-0,189	0,012	-0,119	0,124	-0,099	0,132	-0,190	0,045	-0,179	-0,024	-0,222	0,025
liegend	P	0,179	0,932	0,401	0,389	0,484	0,362	0,178	0,755	0,205	0,871	0,114	0,861
Xc100 (Ω)	σ	-0,073	0,086	-0,034	0,174	0,009	0,173	-0,099	-0,026	-0,107	-0,013	-0,151	-0,037
stehend	P	0,608	0,553	0,811	0,227	0,950	0,229	0,486	0,859	0,449	0,926	0,287	0,797
Xc100 (Ω)	σ	-0,104	0,080	-0,058	0,180	-0,044	0,182	-0,148	-0,018	-0,127	-0,003	-0,168	0,028
liegend	P	0,464	0,581	0,682	0,211	0,757	0,206	0,295	0,903	0,370	0,985	0,235	0,848
φ5 (°)	σ	0,000	-0,073	0,005	-0,025	0,065	-0,034	0,093	-0,055	0,014	-0,103	0,047	-0,016
stehend	P	1,000	0,612	0,970	0,865	0,645	0,817	0,510	0,702	0,924	0,477	0,743	0,914
φ5 (°)	σ	-0,055	-0,091	-0,069	-0,004	-0,005	-0,007	0,086	0,009	0,027	-0,040	0,042	0,056
liegend	P	0,698	0,530	0,627	0,978	0,970	0,964	0,542	0,952	0,852	0,783	0,767	0,701
φ50 (°)	σ	-0,208	-0,027	-0,101	0,067	-0,039	0,061	-0,306	-0,071	-0,270	-0,149	-0,289	-0,109
stehend	P	0,140	0,850	0,478	0,644	0,782	0,674	0,027	0,626	0,053	0,302	0,037	0,451
φ50 (°)	σ	-0,217	-0,017	-0,139	0,086	-0,086	0,083	-0,342	-0,053	-0,279	-0,145	-0,314	-0,083
liegend	P	0,123	0,908	0,327	0,553	0,542	0,567	0,013	0,716	0,045	0,317	0,023	0,566
φ100 (°)	σ	-0,208	0,002	-0,117	0,107	-0,051	0,101	-0,352	-0,076	-0,327	-0,135	-0,369	-0,119
stehend	P	0,138	0,991	0,408	0,461	0,717	0,485	0,011	0,598	0,018	0,351	0,007	0,410
φ100 (°)	σ	-0,202	-0,037	-0,129	0,024	-0,089	0,014	-0,431	-0,093	-0,344	-0,151	-0,380	-0,097
liegend	P	0,151	0,798	0,364	0,869	0,528	0,921	0,001	0,521	0,013	0,295	0,005	0,503

EMG-Max = Maximale Amplitude des Elektromyogramms; EMG-Mittel = Mittlere Amplitude des Elektromyogramms;

EMG-Integral = Integral über das Elektromyogramm

R₅ = Resistanz bei 5 kHz; R₅₀ = Resistanz bei 50 kHz; R₁₀₀ = Resistanz bei 100 kHz; Xc₅ = Reaktanz bei 5 kHz;

Xc₅₀ = Reaktanz bei 50 kHz; Xc₁₀₀ = Reaktanz bei 100 kHz; φ₅ = Phasenwinkel bei 5 kHz; φ₅₀ = Phasenwinkel bei 50 kHz;

φ₁₀₀ = Phasenwinkel bei 100 kHz

Tabelle 90 Zusammenhänge zwischen Elektromyographie und direkten Messwerten der segmentalen Bioimpedanzanalyse des rechten Armes mit Korrelationen nach Spearman (Männer: N = 52; Frauen: N = 50)

direkter Messwert	Korrelation	liegend						stehend					
		EMG - Max (mV).		EMG - Mittel (mV).		EMG - Integral (mV).		EMG - Max (mV).		EMG - Mittel (mV).		EMG - Integral (mV).	
		Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen
R ₅ (Ω) stehend	σ	-0,060	-0,004	-0,036	0,082	0,001	0,083	0,102	0,034	0,109	0,116	0,104	0,056
	P	0,672	0,977	0,802	0,571	0,993	0,565	0,474	0,815	0,444	0,422	0,463	0,702
R ₅ (Ω) liegend	σ	-0,053	0,048	-0,026	0,112	-0,004	0,110	0,119	-0,022	0,141	0,076	0,143	0,030
	P	0,710	0,743	0,855	0,441	0,976	0,448	0,399	0,881	0,318	0,601	0,313	0,838
R ₅₀ (Ω) stehend	σ	-0,024	0,055	-0,024	0,077	0,000	0,076	0,130	-0,006	0,147	0,092	0,136	0,038
	P	0,867	0,703	0,868	0,597	0,998	0,601	0,359	0,966	0,299	0,525	0,338	0,792
R ₅₀ (Ω) liegend	σ	-0,009	0,071	-0,002	0,094	0,000	0,093	0,132	0,022	0,169	0,119	0,168	0,064
	P	0,950	0,622	0,989	0,517	0,998	0,522	0,351	0,877	0,231	0,410	0,233	0,657
R ₁₀₀ (Ω) stehend	σ	-0,014	0,059	-0,017	0,083	0,002	0,082	0,130	0,005	0,146	0,108	0,139	0,048
	P	0,923	0,685	0,906	0,565	0,987	0,569	0,357	0,974	0,302	0,457	0,326	0,738
R ₁₀₀ (Ω) liegend	σ	0,000	0,071	-0,003	0,077	0,008	0,076	0,137	0,028	0,169	0,125	0,168	0,070
	P	0,998	0,623	0,982	0,594	0,958	0,599	0,332	0,848	0,232	0,389	0,235	0,627
Xc ₅ (Ω) stehend	σ	0,032	-0,064	0,000	-0,010	0,032	-0,019	0,076	0,052	0,042	0,066	0,093	0,044
	P	0,821	0,661	0,998	0,942	0,820	0,897	0,592	0,720	0,767	0,649	0,513	0,760
Xc ₅ (Ω) liegend	σ	-0,054	-0,055	-0,072	-0,009	-0,043	-0,009	0,090	0,029	0,112	0,049	0,142	0,141
	P	0,702	0,705	0,610	0,951	0,763	0,953	0,528	0,843	0,427	0,736	0,315	0,329
Xc ₅₀ (Ω) stehend	σ	-0,193	-0,047	-0,098	0,056	-0,069	0,042	-0,191	-0,163	-0,127	-0,153	-0,140	-0,148
	P	0,170	0,745	0,490	0,698	0,627	0,771	0,175	0,258	0,370	0,289	0,323	0,306
Xc ₅₀ (Ω) liegend	σ	-0,165	-0,025	-0,087	0,139	-0,066	0,130	-0,138	-0,110	-0,080	-0,042	-0,090	-0,024
	P	0,242	0,864	0,538	0,334	0,645	0,370	0,329	0,447	0,571	0,774	0,525	0,868
Xc ₁₀₀ (Ω) stehend	σ	-0,188	-0,048	-0,098	0,065	-0,043	0,058	-0,188	-0,126	-0,133	-0,104	-0,152	-0,134
	P	0,183	0,743	0,490	0,652	0,763	0,687	0,181	0,383	0,349	0,472	0,283	0,353
Xc ₁₀₀ (Ω) liegend	σ	-0,182	-0,056	-0,114	0,104	-0,079	0,092	-0,101	-0,153	-0,068	-0,064	-0,063	-0,065
	P	0,197	0,697	0,423	0,473	0,580	0,523	0,475	0,287	0,634	0,657	0,657	0,656
φ ₅ (°) stehend	σ	0,078	-0,147	0,018	-0,071	0,061	-0,077	0,069	-0,006	0,042	-0,029	0,092	0,055
	P	0,581	0,307	0,899	0,622	0,670	0,595	0,625	0,968	0,768	0,844	0,516	0,705
φ ₅ (°) liegend	σ	0,017	-0,149	-0,047	-0,066	-0,001	-0,067	0,079	0,015	0,075	-0,010	0,110	0,087
	P	0,903	0,300	0,741	0,647	0,995	0,642	0,576	0,916	0,599	0,947	0,438	0,546
φ ₅₀ (°) stehend	σ	-0,129	-0,200	-0,068	-0,092	-0,028	-0,103	-0,257	-0,211	-0,194	-0,289	-0,190	-0,227
	P	0,361	0,163	0,631	0,527	0,844	0,475	0,066	0,142	0,169	0,042	0,178	0,113
φ ₅₀ (°) liegend	σ	-0,210	-0,173	-0,097	-0,021	-0,055	-0,035	-0,282	-0,097	-0,243	-0,111	-0,246	-0,055
	P	0,135	0,230	0,493	0,888	0,697	0,808	0,043	0,501	0,083	0,441	0,079	0,703
φ ₁₀₀ (°) stehend	σ	-0,184	-0,126	-0,116	0,011	-0,063	-0,002	-0,433	-0,145	-0,312	-0,208	-0,348	-0,198
	P	0,193	0,383	0,413	0,940	0,657	0,987	0,001	0,315	0,024	0,147	0,012	0,167
φ ₁₀₀ (°) liegend	σ	-0,214	-0,162	-0,121	0,002	-0,079	-0,017	-0,406	-0,124	-0,386	-0,096	-0,384	-0,055
	P	0,128	0,260	0,394	0,990	0,580	0,907	0,003	0,391	0,005	0,508	0,005	0,706

EMG-Max = Maximale Amplitude des Elektromyogramms; EMG-Mittel = Mittlere Amplitude des Elektromyogramms;

EMG-Integral = Integral über das Elektromyogramm

R₅ = Resistanz bei 5 kHz; R₅₀ = Resistanz bei 50 kHz; R₁₀₀ = Resistanz bei 100 kHz; Xc₅ = Reaktanz bei 5 kHz;

Xc₅₀ = Reaktanz bei 50 kHz; Xc₁₀₀ = Reaktanz bei 100 kHz; φ₅ = Phasenwinkel bei 5 kHz; φ₅₀ = Phasenwinkel bei 50 kHz;

φ₁₀₀ = Phasenwinkel bei 100 kHz

Tabelle 91 Zusammenhänge zwischen Elektromyographie und direkten Messwerten der segmentalen Bioimpedanzanalyse des linken Armes mit Korrelationen nach Spearman (Männer: N = 52; Frauen: N = 50)

direkter Messwert	Korrelation	liegend						stehend					
		EMG - Max (mV).		EMG - Mittel (mV).		EMG - Integral (mV).		EMG - Max (mV).		EMG - Mittel (mV).		EMG - Integral (mV).	
		Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen
R ₅ (Ω)	σ	-0,060	0,118	-0,007	0,196	0,027	0,189	0,006	-0,045	0,038	-0,007	-0,001	-0,061
stehend	P	0,673	0,416	0,963	0,173	0,849	0,188	0,964	0,754	0,787	0,964	0,992	0,673
R ₅ (Ω)	σ	-0,056	0,065	-0,020	0,200	0,001	0,199	0,006	-0,030	0,058	0,038	0,021	-0,001
liegend	P	0,694	0,656	0,890	0,164	0,993	0,167	0,968	0,837	0,683	0,795	0,880	0,997
R ₅₀ (Ω)	σ	-0,082	0,130	-0,025	0,175	0,011	0,171	0,010	-0,017	0,021	0,016	-0,014	-0,036
stehend	P	0,562	0,368	0,858	0,225	0,941	0,236	0,943	0,906	0,884	0,914	0,924	0,802
R ₅₀ (Ω)	σ	-0,013	0,091	0,003	0,186	0,014	0,189	0,040	-0,029	0,075	0,038	0,049	-0,006
liegend	P	0,929	0,529	0,985	0,196	0,924	0,189	0,778	0,840	0,597	0,792	0,731	0,966
R ₁₀₀ (Ω)	σ	-0,071	0,134	-0,022	0,172	0,009	0,168	0,033	-0,023	0,039	0,017	0,008	-0,032
stehend	P	0,616	0,353	0,879	0,233	0,949	0,244	0,816	0,875	0,786	0,909	0,958	0,824
R ₁₀₀ (Ω)	σ	-0,010	0,098	0,007	0,174	0,012	0,180	0,043	-0,018	0,071	0,039	0,044	-0,003
liegend	P	0,946	0,497	0,959	0,227	0,934	0,212	0,763	0,904	0,619	0,788	0,755	0,986
Xc ₅ (Ω)	σ	-0,087	-0,003	0,004	0,091	-0,007	0,078	-0,055	-0,056	-0,073	0,031	-0,077	0,102
stehend	P	0,539	0,986	0,980	0,528	0,961	0,591	0,697	0,699	0,609	0,829	0,585	0,479
Xc ₅ (Ω)	σ	-0,170	-0,021	-0,128	0,136	-0,093	0,141	-0,069	0,043	-0,068	0,087	-0,086	0,181
liegend	P	0,227	0,887	0,366	0,348	0,512	0,329	0,626	0,768	0,632	0,550	0,545	0,209
Xc ₅₀ (Ω)	σ	-0,227	0,031	-0,088	0,232	-0,017	0,229	-0,182	-0,073	-0,148	-0,051	-0,184	-0,016
stehend	P	0,105	0,831	0,537	0,104	0,906	0,110	0,195	0,615	0,296	0,726	0,192	0,914
Xc ₅₀ (Ω)	σ	-0,218	-0,001	-0,130	0,210	-0,079	0,199	-0,208	-0,065	-0,090	-0,001	-0,112	-0,008
liegend	P	0,121	0,992	0,360	0,143	0,576	0,165	0,138	0,652	0,525	0,993	0,430	0,955
Xc ₁₀₀ (Ω)	σ	-0,238	-0,035	-0,107	0,150	-0,045	0,152	-0,177	-0,127	-0,174	-0,125	-0,214	-0,114
stehend	P	0,090	0,808	0,451	0,298	0,750	0,293	0,208	0,379	0,216	0,387	0,127	0,431
Xc ₁₀₀ (Ω)	σ	-0,230	-0,007	-0,079	0,198	-0,012	0,185	-0,185	-0,147	-0,105	-0,063	-0,139	-0,105
liegend	P	0,101	0,964	0,576	0,169	0,932	0,200	0,190	0,309	0,459	0,662	0,326	0,470
φ ₅ (°)	σ	-0,024	-0,051	0,061	-0,006	0,033	-0,013	-0,068	-0,016	-0,052	0,037	-0,032	0,124
stehend	P	0,866	0,727	0,669	0,969	0,816	0,927	0,633	0,914	0,714	0,797	0,821	0,391
φ ₅ (°)	σ	-0,065	-0,105	-0,022	0,036	0,010	0,035	-0,032	-0,003	-0,025	0,022	-0,019	0,113
liegend	P	0,647	0,469	0,879	0,806	0,942	0,807	0,821	0,984	0,860	0,881	0,894	0,434
φ ₅₀ (°)	σ	-0,133	-0,150	-0,023	0,097	0,018	0,093	-0,219	-0,048	-0,167	-0,074	-0,168	-0,005
stehend	P	0,348	0,300	0,869	0,504	0,897	0,518	0,119	0,739	0,236	0,612	0,233	0,973
φ ₅₀ (°)	σ	-0,112	-0,188	-0,018	-0,002	0,025	-0,018	-0,205	-0,082	-0,124	-0,088	-0,135	-0,042
liegend	P	0,428	0,191	0,899	0,988	0,859	0,900	0,145	0,573	0,379	0,542	0,340	0,771
φ ₁₀₀ (°)	σ	-0,177	-0,105	-0,078	0,103	-0,018	0,102	-0,231	-0,134	-0,247	-0,192	-0,246	-0,126
stehend	P	0,210	0,469	0,580	0,475	0,900	0,482	0,099	0,354	0,078	0,181	0,079	0,385
φ ₁₀₀ (°)	σ	-0,194	-0,148	-0,024	-0,028	0,028	-0,049	-0,336	-0,145	-0,245	-0,189	-0,270	-0,179
liegend	P	0,169	0,307	0,865	0,847	0,846	0,737	0,015	0,314	0,080	0,190	0,053	0,213

EMG-Max = Maximale Amplitude des Elektromyogramms; EMG-Mittel = Mittlere Amplitude des Elektromyogramms;

EMG-Integral = Integral über das Elektromyogramm

R₅ = Resistanz bei 5 kHz; R₅₀ = Resistanz bei 50 kHz; R₁₀₀ = Resistanz bei 100 kHz; Xc₅ = Reaktanz bei 5 kHz;

Xc₅₀ = Reaktanz bei 50 kHz; Xc₁₀₀ = Reaktanz bei 100 kHz; φ₅ = Phasenwinkel bei 5 kHz; φ₅₀ = Phasenwinkel bei 50 kHz;

φ₁₀₀ = Phasenwinkel bei 100 kHz

Tabelle 92 Zusammenhänge zwischen Elektromyographie und direkten Messwerten der segmentalen Bioimpedanzanalyse des rechten Beines mit Korrelationen nach Spearman (Männer: N = 52; Frauen: N = 50)

direkter Messwert	Korrelation	liegend						stehend					
		EMG - Max (mV).		EMG - Mittel (mV).		EMG - Integral (mV).		EMG - Max (mV).		EMG - Mittel (mV).		EMG - Integral (mV).	
		Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen
R ₅ (Ω)	σ	0,157	0,137	0,111	0,044	0,207	0,045	0,140	0,075	0,071	0,104	0,047	0,127
stehend	P	0,267	0,342	0,432	0,763	0,141	0,757	0,322	0,602	0,615	0,473	0,742	0,378
R ₅ (Ω)	σ	0,205	0,102	0,187	0,038	0,177	0,043	0,060	0,051	0,058	0,071	0,031	0,116
liegend	P	0,145	0,483	0,183	0,792	0,209	0,768	0,672	0,724	0,681	0,625	0,827	0,421
R ₅₀ (Ω)	σ	0,221	0,071	0,186	-0,037	0,184	-0,035	0,154	0,004	0,140	0,045	0,116	0,063
stehend	P	0,116	0,623	0,186	0,796	0,191	0,808	0,276	0,976	0,322	0,758	0,414	0,664
R ₅₀ (Ω)	σ	0,226	0,092	0,196	0,014	0,178	0,017	0,112	0,052	0,105	0,086	0,076	0,110
liegend	P	0,107	0,527	0,163	0,925	0,206	0,908	0,430	0,719	0,457	0,551	0,590	0,449
R ₁₀₀ (Ω)	σ	0,235	0,146	0,205	0,045	0,195	0,047	0,174	0,087	0,157	0,133	0,135	0,145
stehend	P	0,093	0,312	0,145	0,758	0,166	0,747	0,217	0,549	0,268	0,357	0,339	0,315
R ₁₀₀ (Ω)	σ	0,250	0,103	0,221	0,022	0,202	0,025	0,126	0,047	0,116	0,091	0,091	0,112
liegend	P	0,074	0,478	0,115	0,882	0,151	0,865	0,374	0,746	0,414	0,530	0,522	0,439
Xc ₅ (Ω)	σ	0,096	-0,008	0,047	0,037	0,142	0,046	0,120	0,085	0,089	0,066	0,074	0,124
stehend	P	0,497	0,959	0,741	0,796	0,314	0,750	0,396	0,557	0,532	0,648	0,602	0,389
Xc ₅ (Ω)	σ	0,047	0,025	0,050	0,117	0,131	0,127	0,049	-0,012	0,014	-0,037	0,000	0,053
liegend	P	0,743	0,865	0,726	0,418	0,356	0,379	0,729	0,934	0,920	0,801	0,999	0,714
Xc ₅₀ (Ω)	σ	0,030	0,077	0,065	0,047	0,106	0,051	-0,058	0,074	-0,072	0,032	-0,103	0,089
stehend	P	0,835	0,593	0,647	0,748	0,455	0,725	0,683	0,609	0,610	0,827	0,466	0,540
Xc ₅₀ (Ω)	σ	-0,018	0,070	0,042	0,054	0,053	0,062	-0,147	0,072	-0,126	-0,009	-0,164	0,054
liegend	P	0,898	0,628	0,770	0,710	0,710	0,671	0,298	0,621	0,373	0,948	0,244	0,712
Xc ₁₀₀ (Ω)	σ	0,068	0,078	0,072	0,032	0,096	0,032	-0,020	0,061	-0,034	0,048	-0,070	0,099
stehend	P	0,632	0,593	0,613	0,827	0,500	0,826	0,886	0,672	0,811	0,743	0,621	0,496
Xc ₁₀₀ (Ω)	σ	-0,012	0,103	0,002	0,034	-0,010	0,037	-0,023	0,084	-0,044	0,053	-0,080	0,097
liegend	P	0,934	0,476	0,986	0,813	0,944	0,800	0,870	0,561	0,755	0,712	0,573	0,505
φ ₅ (°)	σ	-0,068	-0,191	-0,097	-0,004	-0,023	0,008	0,018	-0,054	0,044	-0,107	0,030	-0,038
stehend	P	0,630	0,184	0,494	0,977	0,870	0,958	0,899	0,711	0,756	0,459	0,830	0,796
φ ₅ (°)	σ	-0,086	-0,006	-0,100	0,120	-0,053	0,132	-0,080	-0,030	-0,029	-0,080	-0,049	0,004
liegend	P	0,543	0,966	0,480	0,407	0,710	0,359	0,571	0,835	0,840	0,581	0,728	0,976
φ ₅₀ (°)	σ	-0,218	0,047	-0,115	0,140	-0,051	0,147	-0,306	-0,024	-0,279	-0,122	-0,315	-0,066
stehend	P	0,121	0,743	0,418	0,333	0,721	0,309	0,027	0,869	0,045	0,399	0,023	0,647
φ ₅₀ (°)	σ	-0,199	0,080	-0,146	0,140	-0,112	0,151	-0,413	0,006	-0,302	-0,119	-0,351	-0,068
liegend	P	0,157	0,578	0,300	0,332	0,430	0,296	0,002	0,968	0,029	0,409	0,011	0,641
φ ₁₀₀ (°)	σ	-0,176	0,093	-0,096	0,115	-0,021	0,117	-0,408	-0,010	-0,394	-0,105	-0,455	-0,059
stehend	P	0,211	0,520	0,500	0,428	0,881	0,418	0,003	0,942	0,004	0,469	0,001	0,682
φ ₁₀₀ (°)	σ	-0,136	0,110	-0,138	0,106	-0,118	0,113	-0,427	0,038	-0,303	-0,065	-0,360	-0,022
liegend	P	0,336	0,445	0,328	0,466	0,404	0,435	0,002	0,794	0,029	0,654	0,009	0,879

EMG-Max = Maximale Amplitude des Elektromyogramms; EMG-Mittel = Mittlere Amplitude des Elektromyogramms;

EMG-Integral = Integral über das Elektromyogramm

R₅ = Resistanz bei 5 kHz; R₅₀ = Resistanz bei 50 kHz; R₁₀₀ = Resistanz bei 100 kHz; Xc₅ = Reaktanz bei 5 kHz;

Xc₅₀ = Reaktanz bei 50 kHz; Xc₁₀₀ = Reaktanz bei 100 kHz; φ₅ = Phasenwinkel bei 5 kHz; φ₅₀ = Phasenwinkel bei 50 kHz;

φ₁₀₀ = Phasenwinkel bei 100 kHz

Tabelle 93 Zusammenhänge zwischen Elektromyographie und direkten Messwerten der segmentalen Bioimpedanzanalyse des linken Beines mit Korrelationen nach Spearman (Männer: N = 52; Frauen: N = 50)

direkter Messwert	Korrelation	liegend						stehend					
		EMG - Max (mV).		EMG - Mittel (mV).		EMG - Integral (mV).		EMG - Max (mV).		EMG - Mittel (mV).		EMG - Integral (mV).	
		Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen
R ₅ (Ω)	σ	-0,025	0,264	-0,070	0,142	-0,037	0,152	0,200	0,125	0,209	0,170	0,185	0,185
stehend	P	0,858	0,064	0,623	0,326	0,795	0,292	0,156	0,388	0,137	0,239	0,188	0,198
R ₅ (Ω)	σ	-0,006	0,220	-0,053	0,112	-0,043	0,123	0,171	0,139	0,207	0,128	0,175	0,161
liegend	P	0,968	0,125	0,710	0,440	0,765	0,393	0,225	0,335	0,141	0,377	0,214	0,264
R ₅₀ (Ω)	σ	0,017	0,254	-0,042	0,153	-0,011	0,163	0,276	0,176	0,258	0,209	0,240	0,225
stehend	P	0,903	0,075	0,766	0,290	0,939	0,258	0,047	0,221	0,065	0,146	0,087	0,116
R ₅₀ (Ω)	σ	0,022	0,235	-0,014	0,113	-0,007	0,123	0,233	0,131	0,231	0,147	0,210	0,175
liegend	P	0,877	0,100	0,923	0,436	0,960	0,395	0,097	0,364	0,100	0,307	0,136	0,223
R ₁₀₀ (Ω)	σ	0,104	0,252	0,012	0,145	0,046	0,155	0,370	0,185	0,322	0,217	0,303	0,229
stehend	P	0,462	0,077	0,933	0,315	0,748	0,281	0,007	0,198	0,020	0,131	0,029	0,109
R ₁₀₀ (Ω)	σ	0,036	0,241	-0,003	0,116	0,009	0,127	0,256	0,128	0,244	0,149	0,224	0,179
liegend	P	0,799	0,091	0,981	0,424	0,947	0,378	0,067	0,376	0,082	0,302	0,111	0,214
Xc ₅ (Ω)	σ	-0,100	-0,027	-0,110	-0,028	-0,029	-0,017	-0,107	0,143	-0,181	0,099	-0,165	0,162
stehend	P	0,482	0,851	0,437	0,847	0,836	0,909	0,451	0,322	0,199	0,496	0,242	0,262
Xc ₅ (Ω)	σ	-0,180	-0,019	-0,231	-0,072	-0,151	-0,064	-0,080	0,057	-0,196	-0,017	-0,176	0,040
liegend	P	0,202	0,896	0,099	0,621	0,284	0,660	0,573	0,697	0,164	0,905	0,211	0,782
Xc ₅₀ (Ω)	σ	-0,102	0,146	-0,144	0,186	-0,087	0,201	-0,069	0,139	-0,123	0,092	-0,148	0,112
stehend	P	0,470	0,311	0,309	0,197	0,538	0,162	0,628	0,337	0,384	0,526	0,295	0,439
Xc ₅₀ (Ω)	σ	-0,059	0,178	-0,143	0,158	-0,103	0,168	-0,055	0,117	-0,054	0,057	-0,096	0,071
liegend	P	0,676	0,216	0,310	0,272	0,469	0,243	0,700	0,418	0,706	0,694	0,500	0,623
Xc ₁₀₀ (Ω)	σ	-0,003	0,165	-0,092	0,159	-0,044	0,174	0,036	0,114	-0,014	0,070	-0,060	0,074
stehend	P	0,982	0,252	0,516	0,269	0,754	0,228	0,802	0,429	0,919	0,631	0,671	0,608
Xc ₁₀₀ (Ω)	σ	-0,031	0,228	-0,102	0,135	-0,069	0,145	0,022	0,133	0,007	0,074	-0,035	0,078
liegend	P	0,826	0,112	0,473	0,351	0,628	0,314	0,877	0,356	0,959	0,611	0,805	0,592
φ ₅ (°)	σ	-0,122	-0,182	-0,132	-0,139	-0,061	-0,133	-0,213	-0,059	-0,263	-0,111	-0,238	-0,041
stehend	P	0,389	0,207	0,352	0,335	0,666	0,356	0,129	0,684	0,059	0,441	0,089	0,776
φ ₅ (°)	σ	-0,190	-0,162	-0,217	-0,141	-0,141	-0,138	-0,234	0,006	-0,290	-0,095	-0,259	-0,037
liegend	P	0,177	0,261	0,123	0,329	0,320	0,338	0,095	0,965	0,037	0,511	0,064	0,798
φ ₅₀ (°)	σ	-0,161	0,002	-0,150	0,147	-0,104	0,157	-0,394	0,014	-0,363	-0,081	-0,377	-0,068
stehend	P	0,256	0,990	0,290	0,310	0,464	0,275	0,004	0,926	0,008	0,577	0,006	0,638
φ ₅₀ (°)	σ	-0,143	0,051	-0,157	0,147	-0,107	0,158	-0,362	0,052	-0,318	-0,076	-0,335	-0,074
liegend	P	0,312	0,727	0,265	0,309	0,450	0,274	0,008	0,718	0,021	0,598	0,015	0,608
φ ₁₀₀ (°)	σ	-0,132	0,030	-0,140	0,172	-0,120	0,185	-0,390	0,034	-0,334	-0,065	-0,366	-0,072
stehend	P	0,350	0,838	0,321	0,232	0,398	0,200	0,004	0,812	0,016	0,653	0,008	0,621
φ ₁₀₀ (°)	σ	-0,085	0,091	-0,133	0,116	-0,111	0,127	-0,334	0,115	-0,240	-0,022	-0,267	-0,041
liegend	P	0,550	0,530	0,349	0,424	0,433	0,379	0,016	0,425	0,087	0,878	0,056	0,778

EMG-Max = Maximale Amplitude des Elektromyogramms; EMG-Mittel = Mittlere Amplitude des Elektromyogramms;

EMG-Integral = Integral über das Elektromyogramm

R₅ = Resistanz bei 5 kHz; R₅₀ = Resistanz bei 50 kHz; R₁₀₀ = Resistanz bei 100 kHz; Xc₅ = Reaktanz bei 5 kHz;

Xc₅₀ = Reaktanz bei 50 kHz; Xc₁₀₀ = Reaktanz bei 100 kHz; φ₅ = Phasenwinkel bei 5 kHz; φ₅₀ = Phasenwinkel bei 50 kHz;

φ₁₀₀ = Phasenwinkel bei 100 kHz

Tabelle 94 Zusammenhänge zwischen den Differenzen von Elektromyographie im Stehen und im Liegen und den Differenzen der direkten Messwerten der segmentalen Bioimpedanzanalyse des ganzen Körpers im Stehen und im Liegen mit Korrelationen nach Spearman (Männer: N = 52; Frauen: N = 50)

direkter Messwert	Korrelation	Differenz EMG - Max (mV).		Differenz EMG - Mittel (mV).		Differenz EMG - Max (mV).	
		Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen
R ₅ (Ω)	σ	0,032	-0,036	0,040	0,021	0,023	-0,049
Differenz	P	0,824	0,804	0,778	0,885	0,871	0,735
R ₅₀ (Ω)	σ	0,062	0,063	0,045	0,093	0,018	0,045
Differenz	P	0,663	0,664	0,751	0,519	0,901	0,754
R ₁₀₀ (Ω)	σ	0,064	0,069	0,042	0,107	0,007	0,068
Differenz	P	0,653	0,636	0,765	0,461	0,960	0,639
Xc ₅ (Ω)	σ	-0,021	-0,046	-0,059	0,027	0,016	0,011
Differenz	P	0,885	0,753	0,677	0,853	0,911	0,941
Xc ₅₀ (Ω)	σ	0,070	-0,043	-0,082	0,026	-0,099	-0,029
Differenz	P	0,624	0,768	0,563	0,860	0,486	0,844
Xc ₁₀₀ (Ω)	σ	0,188	-0,073	-0,002	-0,020	-0,054	-0,104
Differenz	P	0,181	0,616	0,987	0,892	0,702	0,472
φ ₅ (°)	σ	-0,021	-0,065	-0,064	-0,023	0,018	-0,013
Differenz	P	0,883	0,656	0,652	0,876	0,901	0,929
φ ₅₀ (°)	σ	0,182	-0,023	0,069	0,061	0,080	-0,020
Differenz	P	0,197	0,872	0,626	0,676	0,571	0,890
φ ₁₀₀ (°)	σ	0,181	-0,032	0,077	0,003	0,012	-0,079
Differenz	P	0,200	0,825	0,588	0,983	0,933	0,586

EMG-Max = Maximale Amplitude des Elektromyogramms; EMG-Mittel = Mittlere Amplitude des Elektromyogramms;

EMG-Integral = Integral über das Elektromyogramm; Differenz = Differenz Stehend - Liegend

R₅ = Resistanz bei 5 kHz; R₅₀ = Resistanz bei 50 kHz; R₁₀₀ = Resistanz bei 100 kHz; Xc₅ = Reaktanz bei 5 kHz;

Xc₅₀ = Reaktanz bei 50 kHz; Xc₁₀₀ = Reaktanz bei 100 kHz; φ₅ = Phasenwinkel bei 5 kHz; φ₅₀ = Phasenwinkel bei 50 kHz;

φ₁₀₀ = Phasenwinkel bei 100 kHz

Tabelle 95 Zusammenhänge zwischen den Differenzen von Elektromyographie im Stehen und im Liegen und den Differenzen der direkten Messwerten der segmentalen Bioimpedanzanalyse der Arme im Stehen und im Liegen mit Korrelationen nach Spearman (Männer: N = 52; Frauen: N = 50)

Körpersegment	direkter Messwert	Korrelation	Differenz EMG - Max (mV)		Differenz EMG - Mittel (mV)		Differenz EMG - Max (mV)	
			Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen
Arm rechts	R ₅ (Ω)	σ	-0,151	0,058	-0,184	0,098	-0,221	0,043
	Differenz	P	0,285	0,689	0,191	0,500	0,116	0,766
	R ₅₀ (Ω)	σ	-0,018	0,040	-0,138	0,088	-0,185	0,022
	Differenz	P	0,901	0,783	0,330	0,542	0,189	0,878
	R ₁₀₀ (Ω)	σ	-0,022	0,018	-0,148	0,024	-0,174	-0,026
	Differenz	P	0,877	0,899	0,294	0,867	0,216	0,857
	Xc ₅ (Ω)	σ	-0,105	0,025	-0,210	0,031	-0,168	-0,064
	Differenz	P	0,459	0,862	0,136	0,828	0,235	0,660
	Xc ₅₀ (Ω)	σ	-0,246	-0,041	-0,272	-0,012	-0,304	-0,055
	Differenz	P	0,079	0,778	0,051	0,932	0,028	0,702
	Xc ₁₀₀ (Ω)	σ	-0,249	0,177	-0,201	0,146	-0,296	0,103
	Differenz	P	0,075	0,218	0,153	0,310	0,033	0,477
	φ ₅ (°)	σ	-0,127	-0,012	-0,192	-0,027	-0,159	-0,084
	Differenz	P	0,369	0,936	0,173	0,855	0,259	0,562
	φ ₅₀ (°)	σ	-0,090	-0,147	-0,087	-0,170	-0,141	-0,203
	Differenz	P	0,524	0,307	0,540	0,239	0,318	0,157
	φ ₁₀₀ (°)	σ	-0,112	0,013	0,037	-0,011	-0,065	-0,047
	Differenz	P	0,429	0,927	0,796	0,937	0,646	0,744
Arm links	R ₅ (Ω)	σ	-0,073	-0,112	-0,115	-0,118	-0,152	-0,099
	Differenz	P	0,607	0,437	0,417	0,415	0,281	0,492
	R ₅₀ (Ω)	σ	-0,079	-0,055	-0,111	-0,072	-0,148	-0,067
	Differenz	P	0,580	0,705	0,432	0,619	0,294	0,645
	R ₁₀₀ (Ω)	σ	-0,039	-0,093	-0,103	-0,089	-0,135	-0,071
	Differenz	P	0,786	0,522	0,467	0,538	0,340	0,623
	Xc ₅ (Ω)	σ	-0,015	-0,135	-0,071	-0,004	-0,007	-0,029
	Differenz	P	0,914	0,350	0,619	0,979	0,960	0,840
	Xc ₅₀ (Ω)	σ	0,028	-0,100	-0,133	-0,189	-0,191	-0,103
	Differenz	P	0,843	0,488	0,349	0,190	0,175	0,475
	Xc ₁₀₀ (Ω)	σ	-0,060	0,010	-0,196	-0,052	-0,212	0,011
	Differenz	P	0,672	0,944	0,163	0,722	0,131	0,940
	φ ₅ (°)	σ	-0,020	-0,018	-0,092	0,091	-0,016	0,042
	Differenz	P	0,888	0,900	0,517	0,528	0,912	0,771
	φ ₅₀ (°)	σ	0,128	0,046	0,023	-0,018	0,051	0,051
	Differenz	P	0,365	0,753	0,873	0,899	0,719	0,723
	φ ₁₀₀ (°)	σ	0,053	-0,007	-0,094	-0,052	-0,074	0,022
	Differenz	P	0,710	0,963	0,509	0,719	0,604	0,882

EMG-Max = Maximale Amplitude des Elektromyogramms; EMG-Mittel = Mittlere Amplitude des Elektromyogramms;

EMG-Integral = Integral über das Elektromyogramm; Differenz = Differenz Stehend - Liegend

R₅ = Resistanz bei 5 kHz; R₅₀ = Resistanz bei 50 kHz; R₁₀₀ = Resistanz bei 100 kHz; Xc₅ = Reaktanz bei 5 kHz;

Xc₅₀ = Reaktanz bei 50 kHz; Xc₁₀₀ = Reaktanz bei 100 kHz; φ₅ = Phasenwinkel bei 5 kHz; φ₅₀ = Phasenwinkel bei 50 kHz;

φ₁₀₀ = Phasenwinkel bei 100 kHz

Tabelle 96 Zusammenhänge zwischen den Differenzen von Elektromyographie im Stehen und im Liegen und den Differenzen der direkten Messwerten der segmentalen Bioimpedanzanalyse der Beine im Stehen und im Liegen mit Korrelationen nach Spearman (Männer: N = 52; Frauen: N = 50)

Körpersegment	direkter Messwert	Korrelation	Differenz EMG - Max (mV)		Differenz EMG - Mittel (mV)		Differenz EMG - Max (mV)	
			Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen
Bein rechts	R ₅ (Ω)	σ	0,374	0,025	0,255	0,122	0,250	0,095
	Differenz	P	0,006	0,865	0,068	0,400	0,074	0,514
	R ₅₀ (Ω)	σ	0,411	-0,087	0,308	-0,001	0,302	-0,013
	Differenz	P	0,002	0,547	0,026	0,996	0,029	0,928
	R ₁₀₀ (Ω)	σ	0,350	-0,001	0,225	0,047	0,202	0,021
	Differenz	P	0,011	0,997	0,109	0,744	0,150	0,883
	Xc ₅ (Ω)	σ	0,232	0,177	0,276	0,273	0,197	0,219
	Differenz	P	0,098	0,218	0,048	0,055	0,161	0,126
	Xc ₅₀ (Ω)	σ	0,317	0,112	0,163	0,255	0,168	0,201
	Differenz	P	0,022	0,437	0,249	0,074	0,234	0,161
	Xc ₁₀₀ (Ω)	σ	0,274	-0,018	0,134	0,002	0,119	-0,022
	Differenz	P	0,049	0,899	0,344	0,988	0,402	0,882
	φ ₅ (°)	σ	0,220	0,050	0,236	0,113	0,187	0,077
	Differenz	P	0,117	0,731	0,092	0,436	0,185	0,596
	φ ₅₀ (°)	σ	0,274	0,061	0,122	0,220	0,139	0,230
	Differenz	P	0,050	0,672	0,388	0,125	0,324	0,108
	φ ₁₀₀ (°)	σ	0,303	-0,005	0,099	0,033	0,074	0,033
	Differenz	P	0,029	0,975	0,484	0,821	0,601	0,821
Bein links	R ₅ (Ω)	σ	0,149	0,082	0,090	0,069	0,071	0,005
	Differenz	P	0,293	0,571	0,528	0,635	0,616	0,971
	R ₅₀ (Ω)	σ	0,236	0,114	0,136	0,081	0,123	0,022
	Differenz	P	0,093	0,429	0,336	0,576	0,384	0,879
	R ₁₀₀ (Ω)	σ	0,264	0,147	0,104	0,105	0,101	0,038
	Differenz	P	0,058	0,309	0,465	0,469	0,475	0,793
	Xc ₅ (Ω)	σ	-0,111	0,140	-0,159	0,143	-0,190	0,140
	Differenz	P	0,431	0,334	0,262	0,321	0,176	0,334
	Xc ₅₀ (Ω)	σ	0,106	0,129	-0,155	0,074	-0,112	0,062
	Differenz	P	0,455	0,372	0,272	0,611	0,429	0,666
	Xc ₁₀₀ (Ω)	σ	-0,017	0,022	-0,099	-0,031	-0,066	-0,037
	Differenz	P	0,904	0,879	0,484	0,832	0,644	0,801
	φ ₅ (°)	σ	-0,094	0,009	-0,149	0,040	-0,146	0,058
	Differenz	P	0,509	0,951	0,292	0,781	0,303	0,690
	φ ₅₀ (°)	σ	-0,040	-0,044	-0,091	-0,054	-0,040	-0,023
	Differenz	P	0,780	0,763	0,521	0,708	0,776	0,873
	φ ₁₀₀ (°)	σ	-0,075	-0,085	-0,208	-0,123	-0,165	-0,095
	Differenz	P	0,596	0,555	0,139	0,397	0,242	0,510

EMG-Max = Maximale Amplitude des Elektromyogramms; EMG-Mittel = Mittlere Amplitude des Elektromyogramms;

EMG-Integral = Integral über das Elektromyogramm; Differenz = Differenz Stehend - Liegend

R₅ = Resistanz bei 5 kHz; R₅₀ = Resistanz bei 50 kHz; R₁₀₀ = Resistanz bei 100 kHz; Xc₅ = Reaktanz bei 5 kHz;

Xc₅₀ = Reaktanz bei 50 kHz; Xc₁₀₀ = Reaktanz bei 100 kHz; φ₅ = Phasenwinkel bei 5 kHz; φ₅₀ = Phasenwinkel bei 50 kHz;

φ₁₀₀ = Phasenwinkel bei 100 kHz

Korrelationen von EMG-Integral stehend gibt es für den ganzen Körper mit dem Phasenwinkeln im Stehen und im Liegen bei 50 kHz ($P < 0,05$) und 100 kHz ($P < 0,01$), sowie im rechten Arm bei 100 kHz im Stehen ($P < 0,05$) und im Liegen ($P < 0,01$). Für die Messwerte des Beins gibt es signifikante Korrelationen von EMG-Integral stehend auf der rechten Seite mit den Phasenwinkeln im Stehen und im Liegen bei 50 kHz ($P < 0,05$) und bei 100 kHz ($P < 0,01$), sowie auf der linken Seite mit der Resistanz bei 100 kHz im Stehen ($P < 0,05$), dem Phasenwinkel im Stehen bei 50 kHz und 100 kHz ($P < 0,01$) und im Liegen bei 100 kHz ($P < 0,05$).

Bei den Frauen gibt es nur eine signifikante Korrelation von EMG-Mittel stehend mit dem Phasenwinkel im rechten Arm bei 50 kHz im Stehen ($P < 0,05$).

Hinsichtlich der Differenzen zwischen den Liegend-Messungen mit den korrespondierenden Stehend-Messungen (Tabellen 94-96) gibt es bei den Frauen keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den Differenzen der EMG-Werte (Max, Mittel, Integral) und den direkten segmentalen Bioimpedanzwerten (R , X_c , ϕ bei 5, 50, 100 kHz für ganzen Körper, Arme und Beine).

Bei den Männern gibt es signifikante Zusammenhänge zwischen den Differenzen des EMG-Max mit den Differenzen von der Resistanz bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz im rechten Bein ($P < 0,05$), der Reaktanz bei 50 kHz und 100 kHz im rechten Bein ($P < 0,05$) und dem Phasenwinkel im rechten Bein bei 50 kHz und 100 kHz ($P < 0,05$). Mit der Differenz der EMG-Mittel-Werte gibt es signifikante Zusammenhänge mit der Differenz der Resistanz bei 50 kHz im rechten Bein und der Reaktanz bei 5 kHz im rechten Bein. Die Differenz der EMG-Integral-Werte korreliert signifikant mit den Differenzen von X_c bei 50 kHz und 100 kHz im rechten Arm ($P < 0,05$), sowie mit der Resistanz bei 50 kHz im rechten Bein.

3.10.4 Einfluss des Aktivitätsgrades

Der Aktivitätsgrad, der mittels Freiburger Fragebogen und Fragebogen zur körperlichen Aktivität nach Voorrips bestimmt wurde, wurde mit anthropologischen Merkmalen, Widerstandswerten und abgeleiteten Körperkompartimenten korreliert.

Signifikante Zusammenhänge von Aktivitätsgrad und anthropologischen Merkmalen sind in der Tabelle 97 dargestellt. Es wurden alle in Tabelle 6 aufgeführten Maße in die Berechnung einbezogen. Bei den Frauen gibt es signifikante negative Korrelationen der Gesamtaktivität bestimmt mittels Freiburger Fragebogen mit dem Körpergewicht, Brust-, Taillen- und Hüft-

umfang ($P < 0,05$) sowie mit der Radioulnarbreite links und der Epikondylenbreite des Femurs rechts. Bei den Männern korrelieren signifikant und negativ die Gesamtaktivität bestimmt mittels Freiburger Fragebogen und der größte Unterarmumfang ($P < 0,05$).

Bei der Bestimmung der Aktivität mittels Aktivitätsfragebogen für ältere Menschen nach Voorrips et al. (1991) gab es bei den Frauen signifikante und negative Zusammenhänge zwischen dem Teilbereich der Haushaltsaktivitäten und dem Körpergewicht, dem BMI, dem Brust- und Taillenumfang, sowie dem linken Oberarmumfang, den Umfängen der Unterschenkel, der Waden, den Ellenbogenbreiten, der linken Radioulnarbreite, den Epikondylenbreiten der Femura und der linken Bimalleolarbreite ($P < 0,05$). Die Korrelationen mit dem rechten und linken Oberschenkelumfang, sowie der rechten und linken Epikondylenbreite der Femura waren auch bei den Männern signifikant ($P < 0,05$).

Hinsichtlich der Freizeitaktivitäten gab es bei den Frauen signifikante negative Korrelationen mit dem Taillenumfang, dem linken Wadenumfang, der rechten und linken Ellenbogenbreite sowie der linken Bimalleolarbreite ($P < 0,05$). Bei den Männern korrelierten negativ und signifikant der rechte und linke Oberarmumfang sowie der größte Unterarmumfang rechts mit der Freizeitaktivität ($P < 0,05$).

Es konnten weder bei den Männern, noch bei den Frauen signifikante Zusammenhänge zwischen anthropometrischen Merkmalen und Sportaktivitäten festgestellt werden.

Signifikante Zusammenhänge von der Gesamtaktivität, resultierend aus der Summe von Haushaltsaktivitäten, Sport- und Freizeitaktivitäten, konnten sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen mit dem Taillenumfang festgestellt werden, die negativ korrelieren ($P < 0,05$). Weiterhin gibt es bei den Männern negative und signifikante Korrelationen zwischen der Gesamtaktivität und dem rechten und linken Oberarmumfang, sowie dem rechten und dem linken Unterarmumfang ($P < 0,05$). Bei den Frauen korrelierten mit der Gesamtaktivität negativ und signifikant der linke Wadenumfang, die rechte und linke Ellenbogenbreite sowie die linke Bimalleolarbreite ($P < 0,05$).

Tabelle 97 Signifikante Zusammenhänge der körperlichen Aktivität bestimmt mittels Freiburger Fragebogen und Aktivitätsfragebogen nach Voorrips et al. (1991) mit anthropometrischen Merkmalen. Es sind alle Variablen aus Tabelle 6 in die Berechnung eingegangen.

Anthropometrisches Kennzeichen	Korrelation	Freiburger Fragebogen (MET) -		Voorrips – Haushalt (Punkte)		Voorrips – Sport (Punkte)		Voorrips – Freizeit (Punkte)		Voorrips - Gesamt (Punkte)	
		Männer (N=52)	Frauen (N=50)	Männer (N=52)	Frauen (N=50)	Männer (N=52)	Frauen (N=50)	Männer (N=52)	Frauen (N=50)	Männer (N=52)	Frauen (N=50)
Körpergewicht (kg)	r	-0,184	-0,313	0,219	-0,334	-0,010	0,040	-0,243	-0,273	-0,225	-0,273
	P	0,191	0,027	0,118	0,018	0,945	0,784	0,082	0,055	0,109	0,055
BMI (kg/m²)	r	-0,225	-0,261	0,096	-0,318	-0,046	-0,007	-0,171	-0,254	-0,195	-0,254
	P	0,109	0,067	0,499	0,025	0,745	0,964	0,225	0,075	0,167	0,075
Brustumfang (cm)	r	-0,248	-0,281	< 0,001	-0,329	-0,111	0,046	-0,079	-0,274	-0,161	-0,274
	P	0,076	0,048	0,999	0,020	0,433	0,751	0,579	0,054	0,253	0,054
Taillenumfang (cm)	r	-0,190	-0,302	0,076	-0,328	-0,072	0,065	-0,230	-0,292	-0,274	-0,292
	P	0,178	0,033	0,595	0,020	0,614	0,652	0,101	0,040	0,050	0,040
Bauchumfang (cm)	r	-0,210	-0,211	0,099	-0,247	-0,101	-0,078	-0,253	-0,271	-0,315	-0,271
	P	0,135	0,140	0,487	0,084	0,478	0,589	0,070	0,057	0,023	0,057
Hüftumfang (cm)	r	-0,132	-0,297	0,202	-0,231	-0,074	-0,091	-0,207	-0,267	-0,237	-0,267
	P	0,351	0,036	0,151	0,106	0,601	0,528	0,141	0,061	0,091	0,061
Oberarmumfang rechts (cm)	r	-0,216	0,039	0,228	-0,212	0,004	0,100	-0,376	-0,147	-0,344	-0,147
	P	0,124	0,789	0,104	0,139	0,978	0,490	0,006	0,308	0,013	0,308
Oberarmumfang links (cm)	r	-0,226	-0,029	0,243	-0,376	-0,075	0,119	-0,305	-0,270	-0,330	-0,270
	P	0,107	0,840	0,082	0,007	0,599	0,412	0,028	0,058	0,017	0,058
Größter Unterarmumfang rechts (cm)	r	-0,290	-0,019	0,220	-0,106	-0,148	0,095	-0,289	-0,036	-0,371	-0,036
	P	0,037	0,898	0,118	0,462	0,296	0,513	0,037	0,803	0,007	0,803
Größter Unterarmumfang links (cm)	r	-0,254	-0,031	0,083	-0,155	-0,217	0,102	-0,160	-0,067	-0,309	-0,067
	P	0,070	0,833	0,559	0,283	0,122	0,481	0,257	0,643	0,026	0,643
Größter Oberschenkelumfang rechts (cm)	r	-0,018	-0,094	0,446	-0,297	0,182	-0,059	-0,188	-0,196	-0,002	-0,196
	P	0,897	0,518	0,001	0,036	0,197	0,685	0,182	0,174	0,988	0,174
Größter Oberschenkelumfang links (cm)	r	-0,012	-0,094	0,453	-0,290	0,183	-0,065	-0,248	-0,141	-0,061	-0,141
	P	0,931	0,517	0,001	0,041	0,193	0,655	0,076	0,327	0,667	0,327
Größter Wadenumfang rechts (cm)	r	-0,062	-0,266	0,170	-0,292	0,020	-0,010	-0,044	-0,251	-0,013	-0,251
	P	0,661	0,062	0,227	0,040	0,888	0,944	0,754	0,079	0,928	0,079
Größter Wadenumfang links (cm)	r	-0,107	-0,240	0,266	-0,347	-0,073	-0,072	-0,127	-0,319	-0,151	-0,319
	P	0,451	0,093	0,057	0,014	0,605	0,619	0,371	0,024	0,285	0,024
Ellenbogenbreite rechts (cm)	r	-0,043	-0,200	0,251	-0,373	-0,133	0,032	-0,074	-0,329	-0,145	-0,329
	P	0,765	0,163	0,073	0,008	0,347	0,827	0,601	0,020	0,306	0,020
Ellenbogenbreite links (cm)	r	0,001	-0,208	0,170	-0,456	-0,100	-0,021	-0,127	-0,438	-0,181	-0,438
	P	0,996	0,146	0,229	0,001	0,481	0,885	0,368	0,001	0,198	0,001
Radioulnarbreite links (cm)	r	0,005	-0,327	0,030	-0,315	0,065	0,086	-0,080	-0,231	-0,027	-0,231
	P	0,971	0,020	0,834	0,026	0,649	0,552	0,574	0,107	0,850	0,107
Epikondylenbreite Femur rechts (cm)	r	-0,123	-0,295	0,364	-0,355	0,145	0,082	-0,125	-0,232	0,021	-0,232
	P	0,385	0,038	0,008	0,011	0,306	0,572	0,375	0,106	0,883	0,106
Epikondylenbreite Femur links (cm)	r	-0,180	-0,269	0,363	-0,339	0,177	0,173	-0,188	-0,163	-0,017	-0,163
	P	0,201	0,059	0,008	0,016	0,210	0,230	0,183	0,258	0,902	0,258
Bimalleolarbreite links (cm)	r	0,136	-0,191	0,100	-0,465	0,033	0,007	-0,023	-0,393	0,011	-0,393
	P	0,337	0,185	0,483	0,001	0,814	0,964	0,874	0,005	0,937	0,005

MET = metabolisches Äquivalent; BMI = Body-Mass-Index; N = Probandenanzahl

Hinsichtlich der mittels Tanita-Gerät abgeleiteten Werte gab es ausschließlich signifikante Zusammenhänge zwischen einzelnen Kompartimenten und Aktivitätsgraden bei Frauen. Eine Übersicht über signifikante Zusammenhänge ist in Tabelle 98 dargestellt.

Der Aktivitätsgrad erfasst mittels Freiburger Fragebogen, korreliert negativ und signifikant mit der prozentualen Fettmasse des Körpers und des Rumpfes, sowie der absoluten Fettmasse des Körpers, der Arme und des Rumpfes ($P < 0,05$).

Der Aktivitätsgrad, resultierend aus den sportlichen Aktivitäten des Fragebogens nach Voorrips et al. (1991), korreliert ebenfalls negativ und signifikant mit der absoluten und prozentualen Fettmasse des Körpers und des Rumpfes, aber auch mit der der Arme und der Beine sowie mit der fettfreien Masse und Muskelmasse des linken Beines und dem Grundumsatz ($P < 0,05$). Mit dem Aktivitätsgrad, resultierend aus den Freizeitaktivitäten, korreliert negativ und signifikant die prozentuale Fettmasse des Körpers ($P = 0,011$). Es gibt keine signifikanten Zusammenhänge zwischen dem Aktivitätsgrad resultierend aus den Haushaltsaktivitäten und abgeleiteten Körperkompartimenten mittels Tanita-Gerät. Die Gesamtaktivität resultierend aus den drei Teilbereichen korreliert negativ und signifikant mit der prozentualen und absoluten Fettmasse des Körpers, der Beine, der Arme und des Rumpfes ($p < 0,05$).

Tabelle 98 Signifikante Zusammenhänge der körperlichen Aktivität bestimmt mittels Freiburger Fragebogen und Aktivitätsfragebogen nach Voorrips et al. (1991) mit abgeleiteten Körperkompartimenten mit dem Gerät von Tanita mittels Korrelationen nach Pearson. Es sind alle Variablen aus Tabelle 3 in die Berechnung eingegangen.

Variable	Korrelation	Freiburger Fragebogen (MET)		Voorrips- Haushalt (Punkte)		Voorrips – Sport (Punkte)		Voorrips - Freizeit (Punkte)		Voorrips - Gesamt (Punkte)	
		Männer (N=51)	Frauen (N=48)	Männer (N=51)	Frauen (N=48)	Männer (N=51)	Frauen (N=48)	Männer (N=51)	Frauen (N=48)	Männer (N=51)	Frauen (N=48)
FM Körper (%)	r	-0,202	-0,331	0,197	-0,122	-0,124	-0,384	-0,096	-0,364	-0,165	-0,363
	P	0,155	0,021	0,166	0,408	0,387	0,007	0,504	0,011	0,248	0,011
FM Bein rechts (%)	r	-0,166	-0,149	0,228	-0,176	-0,209	-0,321	0,065	-0,158	-0,061	-0,329
	P	0,245	0,313	0,108	0,231	0,141	0,026	0,649	0,283	0,670	0,023
FM Bein links (%)	r	-0,153	-0,198	0,199	-0,208	-0,234	-0,322	0,093	-0,129	-0,055	-0,335
	P	0,284	0,177	0,161	0,157	0,098	0,026	0,518	0,382	0,700	0,020
FM Arm rechts (%)	r	-0,216	-0,277	0,176	-0,145	-0,065	-0,329	-0,064	-0,225	-0,095	-0,364
	P	0,129	0,056	0,216	0,325	0,650	0,022	0,656	0,123	0,509	0,011
FM Arm links (%)	r	-0,227	-0,269	0,240	-0,148	-0,049	-0,319	-0,128	-0,150	-0,138	-0,328
	P	0,109	0,064	0,089	0,315	0,735	0,027	0,372	0,309	0,336	0,023
FM Rumpf (%)	r	-0,222	-0,290	0,182	-0,217	-0,078	-0,324	-0,131	-0,135	-0,168	-0,357
	P	0,117	0,046	0,201	0,138	0,588	0,025	0,361	0,359	0,238	0,013
FM Körper (kg)	r	-0,221	-0,300	0,234	-0,222	-0,088	-0,335	-0,194	-0,133	-0,233	-0,358
	P	0,119	0,038	0,098	0,130	0,538	0,020	0,173	0,367	0,100	0,012
FM Bein rechts (kg)	r	-0,240	-0,277	0,275	-0,200	-0,155	-0,342	-0,127	-0,126	-0,210	-0,345
	P	0,090	0,056	0,051	0,173	0,278	0,017	0,374	0,392	0,139	0,016
FM Bein links (kg)	r	-0,211	-0,270	0,247	-0,216	-0,161	-0,334	-0,068	-0,124	-0,158	-0,349
	P	0,136	0,064	0,080	0,140	0,258	0,020	0,638	0,402	0,268	0,015
FM Arm rechts (kg)	r	-0,267	-0,313	0,212	-0,182	-0,033	-0,329	-0,164	-0,195	-0,167	-0,361
	P	0,058	0,030	0,135	0,216	0,820	0,022	0,251	0,185	0,243	0,012
FM Arm links (kg)	r	-0,238	-0,302	0,249	-0,186	-0,037	-0,327	-0,209	-0,141	-0,210	-0,345
	P	0,093	0,037	0,078	0,207	0,794	0,023	0,142	0,339	0,139	0,016
FM Rumpf (kg)	r	-0,204	-0,304	0,209	-0,227	-0,057	-0,326	-0,224	-0,127	-0,244	-0,356
	P	0,151	0,036	0,141	0,120	0,689	0,024	0,114	0,390	0,084	0,013
FFM Bein links (kg)	r	-0,179	-0,258	0,196	-0,145	0,101	-0,288	-0,266	0,013	-0,173	-0,265
	P	0,208	0,077	0,168	0,325	0,481	0,047	0,059	0,932	0,226	0,069
MM Bein links (kg)	r	-0,174	-0,244	0,185	-0,146	0,099	-0,292	-0,258	0,018	-0,168	-0,265
	P	0,222	0,095	0,194	0,323	0,492	0,044	0,068	0,901	0,240	0,069

FM = Fettmasse; MM = Muskelmasse

Die signifikanten Zusammenhänge der mittels Data Input-Gerät erfassten direkten Messwerte und den Aktivitätsgraden sind in Tabelle 99 zusammengefasst. Es gibt bei den Männern signifikante negative Korrelationen des körperlichen Aktivitätsgrads erfasst mittels Freiburger

Fragebogen mit dem Phasenwinkel des ganzen Körpers und des rechten Beines bei 50 kHz und 100 kHz ($P < 0,05$) sowie eine positive Korrelation mit dem Verhältnis von extrazellulärer Matrix zu Körperzellmasse ($P < 0,05$). Bei den Frauen korreliert der Phasenwinkel des linken Beines bei 50 kHz und 100 kHz positiv und signifikant mit dem Gesamtaktivitätsgrad, ermittelt mit dem Freiburger Fragebogen.

Ein negativer signifikanter Zusammenhang mit der sportlichen Aktivität nach dem Aktivitätsfragebogen nach Voorrips et al. (1991) konnte mit dem Phasenwinkel bei 5 kHz des linken Armes bei den Frauen festgestellt werden. Bei den Männern korrelierten die Reaktanz bei 50 kHz und 100 kHz sowie der Phasenwinkel bei 50 kHz und 100 kHz des rechten Beines mit dem Aktivitätsgrad der Freizeitaktivitäten negativ und signifikant. Die Gesamtaktivität des Fragebogens nach Voorrips et al. (1991) korrelierte bei den Männern negativ und signifikant mit der Reaktanz bei 5 kHz des rechten Beines.

Tabelle 99 Signifikante Zusammenhänge der körperlichen Aktivität bestimmt mittels Freiburger Fragebogen und Aktivitätsfragebogen nach Voorrips et al. (1991) mit direkt gemessenen Widerstandswerten mit dem Gerät von Data Input und abgeleiteten Werten (Variablen siehe Tabelle 2).

Körpersegment	Direkter Messwert	f (kHz)	Korrelation	Freiburger Fragebogen (MET)		Voorrips- Haushalt (Punkte)		Voorrips – Sport (Punkte)		Voorrips - Freizeit (Punkte)		Voorrips - Gesamt (Punkte)	
				Männer (N = 52)	Frauen (N = 50)	Männer (N = 52)	Frauen (N = 50)	Männer (N = 52)	Frauen (N = 50)	Männer (N = 52)	Frauen (N = 50)	Männer (N = 52)	Frauen (N = 50)
Körper	φ (°)	50	r (Pearson)	-0,279	0,129	0,132	0,045	0,099	0,118	-0,210	-0,039	-0,122	0,151
			P	0,045	0,372	0,353	0,754	0,483	0,414	0,135	0,786	0,387	0,296
		100	r (Pearson)	-0,304	0,116	0,136	0,062	0,083	0,059	-0,256	-0,056	-0,179	0,111
			P	0,028	0,422	0,335	0,667	0,558	0,686	0,067	0,700	0,204	0,441
Arm links	φ (°)	5	r (Pearson)	-0,235	-0,256	-0,071	-0,152	0,061	-0,292	-0,005	0,013	0,026	-0,249
			P	0,093	0,072	0,619	0,291	0,667	0,040	0,970	0,930	0,856	0,081
Bein rechts	Xc (Ω)	5	σ (Spearman)	-0,128	-0,018	0,140	-0,149	0,059	0,140	-0,334	-0,035	-0,301	0,090
			P	0,365	0,899	0,323	0,301	0,678	0,331	0,016	0,809	0,030	0,535
		50	r (Pearson)		-0,043		-0,191		0,013		0,225		0,178
			P		0,767		0,184		0,927		0,116		0,216
			σ (Spearman)	-0,038		0,102		0,119		-0,304		-0,266	
			P	0,787		0,472		0,399		0,028		0,057	
	φ (°)	50	r (Pearson)	-0,303	0,109	0,141	0,004	0,072	0,231	-0,276	-0,131	-0,206	0,146
			P	0,029	0,451	0,318	0,980	0,611	0,106	0,048	0,365	0,143	0,313
		100	r (Pearson)	-0,318	0,026	0,101	-0,041	0,063	0,206	-0,325	-0,194	-0,266	0,096
			P	0,021	0,857	0,475	0,775	0,658	0,151	0,019	0,176	0,056	0,506
Bein links	φ (°)	50	r (Pearson)	-0,253	0,324	0,078	0,056	0,036	0,235	-0,191	-0,111	-0,156	0,174
			P	0,071	0,022	0,582	0,700	0,799	0,100	0,176	0,441	0,270	0,227
		100	r (Pearson)	-0,233	0,293	0,057	0,008	-0,012	0,245	-0,197	-0,137	-0,199	0,183
			P	0,096	0,039	0,687	0,955	0,931	0,087	0,162	0,342	0,156	0,204

Xc = Reaktanz; φ = Phasenwinkel

3.10.5 Einfluss der Handkraft

Signifikante Zusammenhänge der Handkraft mit anthropometrischen Messwerten sowie mit Bioimpedanzwerten und deren abgeleiteten Werten wurden mit dem Korrelationskoeffizient nach Pearson bestimmt und sind für die rechte Hand in Tabelle 100 und für die linke Hand in Tabelle 101 zusammengefasst. In die Berechnung eingegangen sind alle Variablen nach Tabellen 2, 3 und 4.

Korrelationen nach Pearson zeigten bei den Männern signifikante Zusammenhänge der maximalen Handkraft der rechten und linken Hand mit der jeweiligen direkten Armlänge ($P < 0,01$), dem Oberarmumfang ($P < 0,05$), dem größten Unterarmumfang ($P < 0,05$) und der Ellenbogenbreite ($P < 0,05$). Bei den Frauen korrelierten die Handkraft der linken Hand mit der linken Armlänge ($P < 0,05$).

Bei den Männern gibt es signifikante Korrelationen der Impedanz bei 50 kHz des rechten Armes gemessen mit dem Tanita-Gerät mit der rechten und linken Handkraft ($P < 0,05$). Hinsichtlich der Messwerte mittels Data Input-Gerät gibt es signifikante Zusammenhänge zwischen der Handkraft der rechten Hand und dem Phasenwinkel bei 50 kHz des ganzen Körpers und des rechten Armes sowie des Phasenwinkels bei 100 kHz des rechten Armes ($P < 0,05$). Mit der Kraft der linken Hand korreliert signifikant die Resistanz bei 50 kHz und bei 100 kHz des linken Armes sowie der Phasenwinkel des linken Armes bei 50 kHz und 100 kHz ($P < 0,05$).

Hinsichtlich der abgeleiteten Kompartimente mittels Tanita-Gerät gibt es bei den Männern signifikante Zusammenhänge der Handkraft der rechten Hand mit der Fettmasse der Arme, der fettfreien Masse des ganzen Körpers, der Arme, der Beine und des Rumpfes, sowie der Muskelmasse der Arme, der Beine und des Rumpfes ($P < 0,001$). Die Zusammenhänge der linken Handkraft mit der fettfreien Masse der Arme, der Beine, des Rumpf und des ganzen Körpers sowie der Muskelmasse von Armen, Beinen und Rumpf sind ebenfalls hoch signifikant ($P < 0,001$).

In Bezug auf die mittels System von Data Input abgeleiteten Kompartimente gibt es bei den Männern signifikante Korrelationen der Handkraft der rechten Hand mit der Magermasse, der extrazellulären Matrix, der Körperzellmasse und dem Verhältnis von extrazellulärer Matrix zu Körperzellmasse ($P < 0,05$). Die Kraft der linken Hand korreliert signifikant mit der Mager-

masse, der Körperzellmasse und dem Verhältnis von extrazellulärer Matrix zu Körperzellmasse ($P < 0,05$).

Tabelle 100 Signifikante Korrelationen nach Pearson von Handkraft rechts und verschiedenen Messparametern für Männer und Frauen. Eingegangen in die Berechnung sind alle Variablen nach Tabellen 2, 3 und 4

Variable	Männer (N = 52)		Frauen (N = 50)	
	r	P	r	P
Direkte Armlänge rechts (cm)	0,508	< 0,001	0,072	0,617
Oberarmumfang rechts (cm)	0,395	0,004	0,188	0,191
Größter Unterarmumfang rechts (cm)	0,370	0,007	0,214	0,137
Ellenbogenbreite rechts (cm)	0,358	0,009	0,155	0,284
Impedanz 50 kHz Arm rechts (Ω) - Tanita	-0,334	0,017	-0,112	0,449
ϕ 50 kHz Körper ($^\circ$) - Data Input	0,308	0,026	0,064	0,659
ϕ 50 kHz Arm rechts ($^\circ$) - Data Input	0,399	0,003	0,016	0,910
ϕ 100 kHz Arm rechts ($^\circ$) - Data Input	0,372	0,007	-0,041	0,779
FM Arm rechts (kg) - Tanita	0,310	0,027	-0,071	0,630
FM Arm links (kg) - Tanita	0,319	0,023	-0,082	0,578
FFM Körper (kg) - Tanita	0,614	< 0,001	0,152	0,303
FFM Bein rechts (kg) - Tanita	0,580	< 0,001	0,034	0,821
FFM Bein links (kg) - Tanita	0,603	< 0,001	0,080	0,589
FFM Arm rechts (kg) - Tanita	0,617	< 0,001	0,174	0,238
FFM Arm links (kg) - Tanita	0,572	< 0,001	-0,125	0,398
FFM Rumpf (kg) - Tanita	0,584	< 0,001	0,172	0,242
Muskelmasse Bein rechts (kg) - Tanita	0,576	< 0,001	0,037	0,801
Muskelmasse Bein links (kg) - Tanita	0,605	< 0,001	0,078	0,600
Muskelmasse Arm rechts (kg) - Tanita	0,622	< 0,001	0,188	0,200
Muskelmasse Arm links (kg) - Tanita	0,571	< 0,001	0,103	0,487
Muskelmasse Rumpf (kg) - Tanita	0,583	< 0,001	0,173	0,238
LBM (kg) - Data Input	0,551	< 0,001	0,111	0,444
ECM (kg) - Data Input	0,303	0,029	0,097	0,503
BCM (kg) - Data Input	0,568	< 0,001	0,099	0,495
ECM /BCM-Ratio - Data Input	-0,329	0,017	< 0,001	0,998
Körperwasser Körper (L) - Tanita	0,612	< 0,001	0,130	0,377
TBW (L) - Data Input	0,550	< 0,001	0,113	0,433
ECW (L) - Data Input	0,519	< 0,001	0,088	0,545
ICW (L) - Data Input	0,557	< 0,001	0,154	0,287

ϕ = Phasenwinkel; R = Resistanz; FM = Fettmasse; FFM fettfreie Masse; TBW = Ganzkörperwasser; LBM = Magermasse; ECM = Extrazelluläre Matrix; BCM = Körperzellmasse; ECW = extrazelluläres Wasser; ICW = intrazelluläres Wasser; r = Korrelationskoeffizient nach Pearson; P = Signifikanzniveau

Das Ganzkörperwasser bestimmt mit Tanita und auch mit Data Input sowie das intra- und das extrazelluläre Wasser korrelieren signifikant mit der Handkraft der rechten Hand ($P < 0,001$) und der linken Hand ($P < 0,01$). Ebenso korreliert der Grundumsatz mit der Handkraft beider Hände ($P < 0,001$).

Bei den Frauen konnten signifikante Korrelationen der Handkraft der linken Hand mit der direkten Armlänge links, der fettfreien Masse des Rumpfes, der Muskelmasse des Rumpfes und dem intrazellulären Wasser festgestellt werden ($P < 0,05$).

Tabelle 101 Signifikante Korrelationen nach Pearson von Handkraft links und verschiedenen Messparametern für Männer und Frauen. Eingegangen in die Berechnung sind alle Variablen nach Tabellen 2, 3 und 4

Variable	Männer (N=51)		Frauen (N=50)	
	r	P	r	P
Direkte Armlänge links (cm)	0,441	0,001	0,289	0,042
Oberarmumfang links (cm)	0,344	0,013	0,138	0,339
Größter Unterarmumfang links(cm)	0,309	0,027	0,244	0,087
Ellenbogenbreite links (cm)	0,314	0,025	0,017	0,907
Impedanz 50 kHz Arm rechts (Ω) - Tanita	-0,309	0,029	-0,043	0,772
R 50 kHz Arm links (Ω) - Data Input	-0,291	0,038	-0,123	0,393
R 100 kHz Arm links (Ω) - Data Input	-0,298	0,034	-0,128	0,374
ϕ 50 kHz Arm links ($^\circ$) - Data Input	0,425	0,002	-0,024	0,870
ϕ 100 kHz Arm links ($^\circ$) - Data Input	0,369	0,008	-0,122	0,400
FFM Körper (kg) - Tanita	0,532	< 0,001	0,265	0,068
FFM Bein rechts (kg) - Tanita	0,477	< 0,001	0,173	0,240
FFM Bein links (kg) - Tanita	0,502	< 0,001	0,195	0,183
FFM Arm rechts (kg) - Tanita	0,517	< 0,001	0,209	0,154
FFM Arm links (kg) - Tanita	0,499	< 0,001	-0,128	0,386
FFM Rumpf (kg) - Tanita	0,523	< 0,001	0,290	0,046
Muskelmasse Bein rechts (kg) - Tanita	0,478	< 0,001	0,181	0,219
Muskelmasse Bein links (kg) - Tanita	0,504	< 0,001	0,192	0,190
Muskelmasse Arm rechts (kg) - Tanita	0,517	< 0,001	0,240	0,100
Muskelmasse Arm links (kg) - Tanita	0,497	< 0,001	0,214	0,145
Muskelmasse Rumpf (kg) - Tanita	0,522	< 0,001	0,295	0,042
LBM (kg) - Data Input	0,487	< 0,001	0,246	0,085
BCM (kg) - Data Input	0,523	< 0,001	0,234	0,102
ECM /BCM-Ratio - Data Input	-0,327	0,019	-0,038	0,791
Körperwasser Körper (L) - Tanita	0,531	< 0,001	0,253	0,083
TBW (L) - Data Input	0,486	< 0,001	0,247	0,084
ECW (L) - Data Input	0,456	0,001	0,217	0,130
ICW (L) - Data Input	0,498	< 0,001	0,291	0,040

ϕ = Phasenwinkel; R = Resistanz; FM = Fettmasse; FFM fettfreie Masse; TBW = Ganzkörperwasser; LBM = Magermasse; ECM = Extrazelluläre Matrix; BCM = Körperzellmasse; ECW = extrazelluläres Wasser; ICW = intrazelluläres Wasser; r = Korrelationskoeffizient nach Pearson; P = Signifikanzniveau

4 Diskussion

Die segmentale Bioimpedanzanalyse sollte in der vorliegenden Arbeit hinsichtlich ihrer Genauigkeit und Anwendbarkeit bei älteren Menschen untersucht werden. Weiterhin sollten Einflussfaktoren auf die segmentale Bioimpedanzanalyse ermittelt werden. Hierzu wurden vier Fragestellungen aufgestellt:

1. Wie genau ist das Gerät BC-418 MA (Tanita) für die Untersuchung der segmentalen Muskel- und Fettmasse bei älteren, eigenständig lebenden deutschen Männern und Frauen und ist es für die Bestimmung dieser Körperkompartimente anwendbar?
2. Wie unterscheiden sich drei Techniken zur segmentalen Bioimpedanzanalyse, die mittels Nutriguard-M (Data Input) durchgeführt werden können, hinsichtlich der gemessenen Werte?
3. Welchen Einfluss hat die Platzierung der Messelektrode an der Hüfte auf die Widerstandswerte des Beines, die mit dem Gerät Nutriguard-M (Data Input) gemessen werden können?
4. In welchem Maß verändern sich die Messwerte abhängig von der Körperposition, und gibt es einen Messzeitpunkt, der für die Erfassung der segmentalen direkten Messwerte von Nutriguard-M mit zusätzlichem Schaltgerät (Data Input) empfehlenswert ist?

Die im Verlauf der Studie gewonnenen Ergebnisse sollen unter Berücksichtigung der genannten Fragestellungen im Folgenden diskutiert werden.

4.1 *Reproduzierbarkeit der sBIA*

Die Ergebnisse zeigen, dass die sBIA mittels Tanita-Gerät zuverlässige Schätzungen der Muskelmasse und der Fettmasse für die Extremitäten und den Rumpf bei älteren Probanden liefert, abgesehen von der Muskelmasse des rechten Beines bei Frauen. Die gute Reliabilität in der Fettmasse stimmt mit den Ergebnissen von Demura et al. (2005) überein, die an einem jüngeren Probandenkollektiv erhoben wurden. Die Autoren berichteten, dass sBIA zuverlässig die Fettmasse der Extremitäten sowie des Rumpfes bei normalgewichtigen jungen Frauen und übergewichtigen Frauen mittleren Alters bestimmte.

Die kleine Stichprobengröße ($N = 10$ bzw. $N = 9$) dieser Studie, die für den Test auf Reliabilität der Daten, die mittels Tanita-Gerät erfasst wurden, zu Grunde gelegt wurde, ist mögli-

cherweise eine Einschränkung der Studie. Eine größere Stichprobengröße hätte die statistische Aussagekraft erhöhen können.

Erste und zweite Messung mit dem Gerät Nutriguard-M mit Schaltgerät (Data Input) unterscheiden sich in der überwiegenden Anzahl der direkt gemessenen Werte signifikant. Alle signifikant verschiedenen Xc-Werte und Phasenwinkel sind bei der zweiten Messung größer als bei der ersten Messung. Die Resistanz ist in der zweiten Messung in den signifikant unterschiedlichen Werten kleiner. Ausnahme ist das linke Bein, bei dem die Resistanz in der zweiten Messung signifikant größer ist.

Ein großer Teil der zweiten Messungen wurde am Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel, durchgeführt, wo immer eine Raumtemperatur von ca. 27° C vorherrschte. Im Gegensatz dazu lag die Raumtemperatur in der Abteilung für Humanbiologie zwischen 21° C und 24° C. Da sich die Impedanz und damit auch die Resistanz umgekehrt proportional zur Temperatur verändert (Gudivaka et al. 1996), könnten die höheren Raumtemperaturen, die bei der zweiten Messung vorherrschten zumindest die niedrigeren Resistanzwerte erklären.

Da ein großer Teil der Messungen sowohl unter zwei verschiedenen Messbedingungen (Abteilung für Humanbiologie, Universitätsklinikum) als auch mit zwar baugleichen aber nicht identischen Geräten erfasst wurde, ist ein dadurch bedingter systematischer Fehler nicht auszuschließen.

4.2 Genauigkeit der sBIA

Für die Untersuchung der Genauigkeit zur Bestimmung der Muskel- und Fettmasse mittels sBIA wurde das Gerät BC-418 MA von Tanita verwendet. Als Referenzmethode diente DXA (Discovery-A, Hologic).

Die Muskelmasse wurde mit sBIA im Mittel für den rechten Arm sowie für das rechte und linke Bein bei den Frauen im Vergleich zu DXA nicht signifikant verschieden bestimmt. Nur beim linken Arm wurde die mittlere Muskelmasse mittels sBIA bei den Frauen überschätzt. Die Überschätzung war am größten bei Frauen mit niedriger Muskelmasse in ihren Armen. Da die mittlere Muskelmasse bei den überwiegend rechtshändigen Probanden dieser Studie im linken Arm signifikant niedriger ist als im rechten Arm, könnte dies erklären, warum die Überschätzung nur im linken Arm bei den Frauen auftritt. Nach Kenntnis der Autorin existieren keine vergleichenden Studien zur Genauigkeit der Bestimmung der segmentalen Muskelmasse mittels sBIA bei älteren Menschen. Lediglich die Studie von Sato et al. (2007) bezieht

sich auf die fettfreie Masse, die die Muskel- und die Knochenmasse umfasst. Die Autoren stellten fest, dass bei japanischen Erwachsenen (30 – 66 Jahre) im linken Bein die fettfreie Masse zwischen den Methoden nicht signifikant verschieden war. Dies stimmt mit den vorliegenden Ergebnissen zur Muskelmasse überein. Im Gegensatz zu den vorliegenden Ergebnissen, bei denen die fettfreie Masse sowie die Muskelmasse in rechtem Arm und Bein korrekt geschätzt wird, stellten sie eine Unterschätzung der fettfreien Masse im rechten Arm und rechten Bein durch sBIA bei erwachsenen Frauen fest. Die unterschiedlichen Ergebnisse können darin begründet sein, dass die Frauen, die von Sato et al. (2007) untersucht wurden, gegenüber der vorliegenden Untersuchung jünger (Sato et al, 2007: 51 Jahre; vorliegende Studie: 69 Jahre), übergewichtiger bezogen auf ihren BMI (Sato et al. 2007: 28,1 kg/m²; vorliegende Studie: 26,3 kg/m²) und von einer anderen ethnischen Herkunft sind (Sato et al. 2007: Japanerinnen, vorliegende Studie: Deutsche).

Im Gegensatz zu den Frauen war bei den Männern die sBIA in der vorliegenden Studie weniger genau. sBIA unterschätzte die mittlere Muskelmasse beider Arme und Beine signifikant. Diese Unterschätzung steht mit der Menge an Muskelmasse in den Extremitäten in einem Zusammenhang. Die größte Unterschätzung trat bei Männern mit hoher Muskelmasse in den Armen und Beinen auf. Es kann angenommen werden, dass diese beobachtete Unterschätzung der Muskelmasse in den Extremitäten durch sBIA bei Männern mit inadäquaten Berechnungsformeln in Zusammenhang steht. Möglicherweise wurden diese anhand einer Referenzpopulation entwickelt, die nicht repräsentativ für europäische ältere Männer ist. In Übereinstimmung mit den vorliegenden Ergebnissen fanden Sato et al. (2007), dass mittels sBIA die fettfreie Masse im linken Arm der erwachsenen Männer unterschätzt wird. Weiterhin beobachteten sie nicht signifikant niedrigere Werte für beide Beine mittels sBIA im Vergleich zu DXA.

Bei den älteren Männern unterscheidet sich die Muskelmasse des Rumpfes geschätzt mittels sBIA nicht signifikant von der mittels DXA gemessenen Muskelmasse. Bei den älteren Frauen hingegen wird sie mittels sBIA signifikant überschätzt. Dies stimmt mit den Ergebnissen von Sato et al. (2007) überein, die ebenfalls eine Überschätzung der fettfreien Masse des Rumpfes bei Frauen beschreiben. Weiterhin beobachteten die Autoren eine Überschätzung der Muskelmasse des Rumpfes bei Männern, während in der vorliegenden Studie die Muskelmasse nur wenig und nicht signifikant mittels sBIA überschätzt wurde.

Auch für die Überschätzung der Muskelmasse des Rumpfes der Frauen kann angenommen werden, dass sie mit der Gleichung zur Berechnung der Muskelmasse in Zusammenhang ste-

hen. Möglicherweise wird die Muskelmasse des Rumpfes dadurch berechnet, dass die Muskelmasse der Extremitäten von der Muskelmasse des ganzen Körpers abgezogen wird, da dies der Fall für die Bestimmung der fettfreien Masse in der Studie von Sato et al. (2007) ist, die ein Gerät des gleichen Herstellers wie in der vorliegenden Studie verwendeten.

Die sBIA schätzt die mittlere Fettmasse in den Armen der Männer im Vergleich zu der Messung mittels DXA nicht signifikant verschieden, während sie sie signifikant in ihren Beinen überschätzt. Diese Ergebnisse stimmen mit den Ergebnissen der Studie von Sato et al. (2007) an japanischen übergewichtigen erwachsenen Männern jungen bis mittleren Alters überein. Allerdings überschätzt in der vorliegenden Arbeit sBIA stark die Fettmasse im Rumpf der älteren Männer um 60%, während Sato et al. (2007) eine signifikante Unterschätzung der Fettmasse des Rumpfes bei übergewichtigen Japanern durch sBIA feststellten. Diese Unterschiede hängen möglicherweise damit zusammen, dass sich die Versuchspersonen der beiden Studien hinsichtlich ihres mittleren Körpergewichts und Alters unterscheiden. Die Probanden in der vorliegenden Studie hatten einen niedrigeren BMI und eine niedrigere gesamte anteilige Fettmasse verglichen mit den Probanden von Sato et al. (2007). Nach Neovius et al. (2006) nimmt die Unterschätzung der Fettmasse des Rumpfes mittels sBIA mit dem Grad der Adipositas zu. Weiterhin ist dies im Einklang mit der Beobachtung, dass die Überschätzung der Fettmasse des Rumpfes und der Beine bei den Männern am größten war, die eine niedrige Fettmasse, die mittels DXA bestimmt wurde, in ihrem Rumpf bzw. in ihren Beinen hatten. In diesem Zusammenhang sollte man beachten, dass DXA wie auch bei vielen anderen Autoren (z.B. Demura et al. 2005, Kriemler et al. 2009) als Referenzmethode genutzt wurde. In einer Studie von Snead et al. (1993) wurde jedoch gezeigt, dass DXA 96% des subkutanen Fettes der Beine identifizierte, allerdings nur 55% des Rumpfes. DXA unterschätzte also die Fettmasse des Rumpfes. Somit steht möglicherweise die Überschätzung der Fettmasse des Rumpfes durch sBIA mit einer Unterschätzung der Fettmasse des Rumpfes durch DXA in Zusammenhang.

Bei den Frauen schätzt sBIA die Fettmasse im Rumpf und in den Beinen nicht signifikant verschieden im Vergleich zu DXA, sBIA unterschätzt sie allerdings in den Armen. Sato et al. (2007) fanden ebenso eine signifikante Unterschätzung der Fettmasse durch sBIA im rechten Arm von adipösen Japanerinnen. Weiterhin fanden sie eine signifikante Überschätzung der Fettmasse in den Beinen und dem Rumpf von Frauen. In der vorliegenden Studie wird die Fettmasse der Beine und des Rumpfes durch sBIA ebenfalls überschätzt. Diese Überschätzung ist allerdings nicht signifikant.

Die beobachteten geschlechtsspezifischen Abweichungen der sBIA von DXA begründen sich möglicherweise in geschlechtsspezifischen Unterschieden in der Verteilung des Körperfettes. Diese betrifft hauptsächlich die Verteilung der Fettmasse im Rumpf, wo eine zentrale Verteilung der peripheren Verteilung gegenübersteht. Bei Männern ist die Fettmasse hauptsächlich zentral angelagert, also im Abdomen (androide Körperfettverteilung), während sie bei Frauen hauptsächlich peripher an den Hüften, dem Gesäß und den Oberschenkeln verteilt ist (gynoidale Körperfettverteilung). Aus diesem Grund ist die Fettmasse im Rumpf bei Männern größer als bei Frauen, wie auch in der vorliegenden Studie gezeigt wurde. Dies entspricht den Ergebnissen von Wu et al. (2007), die bei Männern eine größere Fettmasse im Rumpf fanden als bei Frauen.

Die sBIA schätzte bei älteren Männern und Frauen die Muskelmasse genauer als die Fettmasse. Es gab geschlechtsspezifische Unterschiede in der Genauigkeit der sBIA-Schätzungen. Sowohl für die Muskelmasse als auch für die Fettmasse waren die Abweichungen von den DXA-Werten bei den Männern größer als bei den Frauen. Bei der Muskelmasse war die Genauigkeit bei den Männern im Rumpf am größten, während sie bei den Frauen in den Extremitäten am größten war. Bei der Fettmasse wurde die größte Genauigkeit bei den Männern für die Armmessungen vermerkt, während die Genauigkeit bei den Frauen für die Beinmessungen am größten war. Bei der Fettmasse des Rumpfes gab es eine sehr große Überschätzung durch sBIA bei den Männern, während es keine signifikanten Unterschiede zwischen sBIA und DXA bei den Frauen gab. Generell tendierten die Schätzungen der Muskelmasse durch sBIA bei den Männern zu Unterschätzungen, während sie bei den Frauen zu Überschätzungen tendierten. Das Gegenteil war der Fall bei der Fettmasse.

Die Genauigkeit der berechneten segmentalen Muskel- und Fettmasse hängt von den angewendeten Regressionsgleichungen ab. Die Daten lassen darauf schließen, dass teilweise ein systematischer Fehler vorliegt. Dies kann mit Unterschieden zwischen der Untersuchungsgruppe der vorliegenden Studie und der Referenzpopulation, an der die Berechnungsformeln entwickelt wurden, zusammenhängen. Die Regressionsgleichungen wurden an einem Kollektiv bestehend aus Japanern und Europäern entwickelt. Es ist nicht zu erkennen, ob dieses auch repräsentativ für eine ältere deutsche Bevölkerung ist. Außerdem ist nicht bekannt, wie viele ältere Menschen in die Referenzpopulation einbezogen wurden, an der die Gleichungen entwickelt wurden. Dies bedeutet, dass eine Anpassung der Gleichungen zur Bestimmung der segmentalen Muskel- und Fettmasse bei älteren Europäern notwendig ist. Diese Gleichungen

sollten nicht nur Geschlechtsunterschiede in Betracht ziehen, sondern auch Unterschiede in Alter, Gewicht und Körperbau.

4.3 Vergleich unterschiedlicher Techniken zur segmentalen BIA Messung von ganzem Körper, Armen und Beinen

Die vorliegende Arbeit vergleicht erstmalig drei segmentale Bioimpedanzanalysetechniken hinsichtlich Unterschieden in 45 direkten Bioimpedanzanalysevariablen, R , X_c und ϕ bei drei Frequenzen (5, 50 und 100 kHz) für den ganzen Körper, Arme und Beine. Hierzu wurde das Gerät Nutriguard-M von Data Input verwendet.

Die Mehrfrequenz-BIA bietet eine größere Genauigkeit für die Bestimmung der Körperzusammensetzung als die alleinige Nutzung von 50 kHz (Pietrobelli et al. 1998, Tagliabue et al. 2001). Die untersuchten drei Techniken sind die direkte Messung mit zusätzlichen Elektroden auf Schulter und Hüfte (T1), die Nutzung eines Schaltgerätes für die Ansteuerung der Messkabel auf Basis des Konzepts der Äquipotentiale (T2) und die manuelle Verbindung der Messkabel basierend auf dem Konzept der Äquipotentiale (T3). In T2 wurde ein durch den Hersteller (Data Input) neu konstruiertes Schaltgerät so angewendet, dass es mit dem Bioimpedanzanalysator verbunden die Messprozedur vereinfacht und die Messzeit verkürzt. Die Anwendbarkeit im Vergleich zu den anderen beiden Techniken wurde getestet.

Es konnte gezeigt werden, dass es einen signifikanten Technikereffekt für 43 von 45 BIA-Variablen des Körpers, der Arme und der Beine gibt. Dies bedeutet, dass die drei Techniken untereinander nicht austauschbar sind. Für die meisten der Resistanz-Variablen der Arme lieferte die Messung mittels Technik 2 höhere aber ähnliche Werte verglichen mit Technik 3. Für die Beine lieferte sie niedrigere Werte verglichen mit Technik 1 und Technik 3. Für die meisten Reaktanz-Variablen der Arme wurden mittels Technik 2 höhere Werte als mit den Techniken 1 oder 3 ermittelt. Dies trifft auch auf Reaktanz-Werte bei 100 kHz für das Bein zu, allerdings nicht für die Reaktanz bei 5 kHz und 50 kHz.

Der Phasenwinkel war am größten mit Technik 2 bei 50 kHz und 100 kHz, zum Teil auch bei 5 kHz. Wie bereits beschrieben, steht der Phasenwinkel in einem geometrischen Verhältnis zu Resistanz und Reaktanz, wobei absolute Änderungen in der Reaktanz einen größeren Einfluss auf den Phasenwinkel haben als die gleichen Änderungen in der Resistanz. Dies bedeutet, dass sich die drei Techniken in der gleichen Weise im Phasenwinkel unterscheiden wie in der Reaktanz.

Die Unterschiede, die zwischen den Techniken 1 und 2 beobachtet wurden, können mit der Anbringung zusätzlicher Elektroden auf Schulter und Hüfte erklärt werden, die nur in Technik 1 verwendet wurden. Die Elektroden können nach dem Zylindermodell von Cornish et al. (1999) nicht exakt am Ende des Arms oder Beins platziert werden, da das Ende nicht oder nicht eindeutig definiert ist. Die Veränderung der Elektrodenplatzierung um 1 cm kann zu einer Änderung der gemessenen Impedanz des Körpers von 2% führen (National Institute of Health 1996). Eine proximalere Positionierung der Elektrode an der Hüfte zur Messung des Widerstandes im Bein resultiert in größeren R-Werten als eine distalere Positionierung. Dies hängt mit der größeren Länge des elektrischen Leiters im ersten Fall zusammen. Da die Impedanz des Körpers eine Funktion der Länge des elektrischen Leiters ist, kann dies die beobachteten Unterschiede in R zwischen Technik 1 und Technik 2 erklären. Die höheren Werte, die mit T2 gemessen werden, können somit mit der Länge des Leiters erklärt werden. Die größeren R-Werte gemessen mit T1 im Bein verglichen mit T2 können mit dem möglicherweise längeren elektrischen Leiter bei T1 als bei T2 erklärt werden. Deshalb werden international standardisierte Elektrodenposition auf Schulter und Hüfte benötigt, die leicht zu identifizieren, präzise und reproduzierbar sind.

Neben der Elektrodenplatzierung können die beobachteten Unterschiede zwischen Technik 1 und Technik 2 auch mit der unterschiedlichen Gewebezusammensetzung des Arms und des Beins in Zusammenhang stehen. Während bei Technik 1 der Weg des elektrischen Stroms gut definiert ist, ist er für Technik 2 nicht exakt bekannt. Man kann lediglich vermuten, dass die Länge des Leiters kürzer bei Technik 1 ist als Technik 2, was in höheren Resistanz-Werten für Technik 2 resultieren würde. Das Gegenteil ist möglicherweise der Fall im Falle des Beins, wo die Resistanz-Werte gemessen mit Technik 1 größer sind als gemessen mit Technik 2. Weiterhin kann die Kombination unterschiedlicher Körperkompartimente im Bein und im Arm die gemessenen Resistanzen in den unterschiedlichen elektrischen Wegen beeinflussen.

Weiterhin bewirkt die Veränderung der Stromspeiseelektroden in Technik 1 eine Änderung des elektrischen Feldes in jedem Körpersegment. Dies führt zu Messungenauigkeiten (Organ et al 1994). Das bedeutet, dass Resistanz-Werte gemessen mit T1 fehleranfälliger sind als jene Resistanz-Werte, die mit T2 gemessen wurden. Dies kann auch zum Teil die Unterschiede zwischen den Techniken erklären, die für die Reaktanz beobachtet wurden.

Es wurden auch Unterschiede zwischen Technik 2 und Technik 3 festgestellt. Beide Techniken nutzten die gleichen Elektrodenplatzierungen an Handgelenk und Knöchel und basieren

auf dem Konzept der Äquipotentiale. Der einzige Unterschied zwischen beiden Techniken war die Nutzung eines Schaltgeräts bei Technik 2. Die Funktion dieses Schaltgerätes wurde bei T3 durch manuelles Verbinden der Kabel mit den Elektroden durchgeführt. Das Schaltgerät hat einen spezifischen inhärenten kapazitiven Widerstand, der die Xc-Werte, sowie die Werte für den Phasenwinkel der Arme und der Beine beeinflussen kann.

Die Werte der vorliegenden Studie wurden mit anderen Studien zur segmentalen Bioimpedanzanalyse verglichen (Tabellen 102-104). Die meisten Studien veröffentlichten Daten zu R- und/oder Xc-Werten, die bei einer Frequenz von 50 kHz ermittelt wurden. Nur drei von 16 Studien gaben R-Werte für 5 kHz (Bedogni et al. 2002, Tagliabue et al. 2001) oder 100 kHz (Bracco et al. 1996, Tagliabue et al. 2001) an. Nur in einer Studie wurden bei 100 kHz gemessene segmentale Xc-Werte publiziert (Bracco et al. 1996), aber keine Studie nutzte 5 kHz. Nur bei drei Studien gab es Werte für den segmentalen Phasenwinkel bei 50 kHz (Pirlich et al. 2003, Bracco et al. 1996, Zillikens et al. 1992).

Die meisten Studien nutzten eine Technik vergleichbar mit Technik 1 der vorliegenden Arbeit. Hierbei wendeten alle Autoren die gleiche Elektrodenplatzierung im Schulterbereich wie in der vorliegenden Studie an. Bei der Elektrodenplatzierung im Hüftbereich hingegen variierten die Definitionen. Einige Autoren (vorliegende Studie, Bracco et al. 1996, Pirlich et al. 2003) platzierten die Messelektrode nach der Definition von Fuller und Elia (1989) anterior der *Crista iliaca*. Andere hingegen (Chumlea et al. 1988, Baumgartner et al. 1989, Zillikens et al. 1992, Woodrow et al. 1996, 1997, Zhu et al. 1999, 2000) orientierten sich an der Definition von Chumlea et al. (1988) und platzierten die Elektrode auf Höhe der Glutealfalte. Wie in der vorliegenden Arbeit gezeigt wurde, resultiert die kürzere Länge des elektrischen Leiters um 15-20 cm im Fall der Definition von Chumlea et al (1988) verglichen mit der Definition von Fuller und Elia (1989) in niedrigeren Resistanzwerten im Bein. Sechs der Vergleichsstudien publizierten zusätzlich Werte für Xc bei 50 kHz. Die meisten der segmentalen Werte waren höher verglichen mit denen der vorliegenden Studie. Dies trifft auf beide Geschlechter zu. Das hängt vermutlich damit zusammen, dass, abgesehen von der Studie von Pirlich et al. (2003), Geräte anderer Hersteller als in der vorliegenden Studie benutzt wurden.

Die Autoren, die eine Technik vergleichbar mit der auf dem Konzept der Äquipotentiale basierenden Technik 2 der vorliegenden Studie anwendeten, nutzten ein Gerät zur segmentalen Messung vergleichbar mit dem mechanischen Umschaltgerät der vorliegenden Studie. Die Studien unterscheiden sich dahingehend, dass einige Autoren Gelelektroden dorsal auf Hand

und Fuß anbrachten und die Untersuchungen mit den Probanden in einer liegenden Position durchführten (vorliegende Studie, Organ et al 1994). Andere wiederum nutzten taktile Elektroden wie Handgriffe und Fußplatten für die Handinnenflächen und die Fußsohlen. Die Probanden waren hierbei in einer stehenden Position (Sato et al. 2007, Bedogni et al. 2002, Tan et al. 1997). Die Unterschiede zwischen den R-Werten bei 50 kHz gemessen, unter der Nutzung verschiedener Elektrodenplatzierungen oder verschiedener Körperpositionen, erscheinen bei näherer Betrachtung nicht groß, weder für Männer noch für Frauen. Xc-Werte, die für einen Vergleich herangezogen werden können, sind nur von Organ et al. (1994) publiziert. Diese ähneln bei beiden Geschlechtern den Werten der vorliegenden Studie.

Technik 3 basiert ebenfalls auf dem Konzept der Äquipotentiale. Allerdings wird hier kein Schaltgerät zum Ändern der Stromwege verwendet, sondern die Anschlüsse werden manuell geändert. Pietrobelli et al. (1998) und Tagliabue et al. (2001) fanden bei Männern etwas niedrigere R-Werte im Arm, aber verglichen mit der vorliegenden Studie ähnliche Werte im Bein. Für Xc existieren nach Kenntnis der Autorin keine vergleichbaren Werte.

Aufgrund von verschiedenen Elektrodenpositionen an der Hüfte (proximaler gegen distaler), verschiedenen Messpositionen der Probanden (liegend gegen stehend), verschiedenen Kontaktierungen der Elektroden (Gelelektroden gegen taktile Elektroden) und verschiedenen Elektrodenpositionen an Hand und Fuß (dorsal gegen palmar / plantar), scheinen die segmentalen Messungen von R und Xc bei 50 kHz nicht vergleichbar zwischen den einzelnen Studien. Die Daten deuten darauf hin, dass der Hauptgrund für die Unterschiede zwischen den Studien die variierende Wahl der Elektrodenposition an der Hüfte ist. Aufgrund von inkonsistenten Definitionen werden zwei verschiedene Punkte genutzt (Fuller and Elia 1989, Chumlea et al. 1988), die zu verschiedenen Längen des elektrischen Leiters im Bein führen. Dies resultiert in unterschiedlichen Resistanz-Werten. Hinzu kommt, dass die Positionen an Schulter und Hüfte durch die fehlende eindeutige Definition fehleranfällig sind (Cornish et al. 1999). Deshalb wären für die direkte segmentale Messung international standardisierte Elektrodenpositionen wichtig. Allerdings geht der aktuelle Trend für segmentale Messungen in Richtung von Messprozeduren, die auf dem Konzept der Äquipotentiale basieren. Die zusätzlichen Elektroden an Hüfte und Schulter werden dabei vermieden. In diesem Fall sind auch die Unterschiede, die zwischen den Studien festgestellt wurden, kleiner. Cornish et al. (1999) haben bereits gezeigt, dass Messungen, die auf dem Konzept der Äquipotentiale basieren, genau und reliabel für die Messung der Körpersegmente sind.

Weiterhin hat die Körperposition (stehend im Gegensatz zu liegend) einen möglichen Einfluss auf die segmentalen Messungen. Sato et al (2007) beispielsweise maßen ihre Probanden stehend, während in der vorliegenden Studie die Probanden im Liegen gemessen wurden. Sato et al. (2007) beobachteten bei Frauen höhere R-Werte in den Armen und niedrigere R-Werte in den Beinen verglichen mit der vorliegenden Studie. Dies kann mit der Verteilung des Körperwassers in Zusammenhang stehen, das in der liegenden Position mehr im Rumpf und in der stehenden Position mehr in den Beinen lokalisiert ist. Dieses Phänomen wurde von Thomas et al. (1998) beschrieben, die signifikante Verschiebungen des extrazellulären Wassers zwischen den Körpersegmenten bei Probanden beobachteten, die sich nach dem Stehen hinlegten. In der aufgerichteten Position wurde ein höherer Wassergehalt in den Beinen gemessen, was eine niedrigere Resistanz in den Beinen zur Folge hat. Dieses Phänomen wurde auch in dieser Arbeit behandelt und wird in Kapitel 3.3.2 näher erläutert.

Hinsichtlich der Nutzung von Gelelektroden verglichen mit taktilen Elektroden wiesen Tan et al. (1997) bei gesunden Erwachsenen keine signifikanten Unterschiede in den Resistanzwerten der Arme nach und einen kleinen Unterschied von 1,7% für die Resistanz-Werte der Beine. Unterschiede zwischen den Studien könnten außerdem auf Unterschieden in der Konstruktion des BIA-Gerätes begründet sein. In einem Vergleich eines Gerätes von Akern (heute RJL-Systems) mit Data Input wurden für X_c innerhalb der gleichen Population mit dem Akern-Gerät höhere X_c -Werte gemessen (Dittmar und Reber 2004). Außerdem können Variationen in Alter, Körperhöhe, Körperbau und Gesundheitszustand zwischen den Stichproben Unterschiede in den segmentalen Werten der unterschiedlichen Studien bedingen. Weitere Studien mit einem integrativen Untersuchungsdesign, das all diese Faktoren einbezieht und an einer einzigen Population untersucht, werden empfohlen.

Zusammenfassend existieren signifikante Unterschiede zwischen den angewendeten Techniken zur Messung der segmentalen Resistanz, Reaktanz und des Phasenwinkels bei mehreren Frequenzen. Die Daten lassen darauf schließen, dass diese Unterschiede in erster Linie mit den unterschiedlichen Elektrodenplatzierungen und den kapazitiven Eigenschaften des Schaltgerätes in Zusammenhang stehen und damit mit unterschiedlichen Wegen des elektrischen Stroms. Weitere Studien sind erforderlich, um die Reliabilität von T2 im Vergleich mit T1 und T3 zu untersuchen. Es ist weiterhin nötig, die internen Parameter des Schaltgerätes zu untersuchen, die deren kapazitive Eigenschaften betreffen.

Das untersuchte System für segmentale Bioimpedanzmessungen arbeitet mit den Probanden in der liegenden Position. Es hat Vorteile gegenüber existierenden Messsystemen zur segmentalen Bioimpedanzanalyse, bei denen die Probanden aufrecht auf einer Plattform stehen müssen. Potentiell kann somit dieses System auch für bettlägerige und behinderte Personen eingesetzt werden. Da es leicht transportierbar ist, ist es für die Feldforschung gut geeignet.

Der Vergleich von drei verschiedenen Techniken zur Messung der segmentalen Impedanz zeigt, dass die Techniken nicht untereinander austauschbar sind. Die Verwendung von Technik 2 bietet verschiedene Vorteile. Verglichen mit Technik 1 müssen keine zusätzlichen Elektroden auf dem Körper aufgebracht werden, und die Messung ist weitaus zeitsparender und weniger fehleranfällig als Technik 3. Weiterhin ist die Messdurchführung weitaus effizienter und angenehmer für die untersuchten Probanden. Für die Entwicklung von Regressionsgleichungen zur Bestimmung der Körperkompartimente wie fettfreie Masse, Muskelmasse und Fettmasse nach Technik 2 müssen allerdings populations- und technikspezifische Formeln entwickelt werden, die auch den speziellen elektrotechnischen Bedingungen von Technik 2 Rechnung tragen.

Aus den Ergebnissen kann der Schluss gezogen werden, dass die segmentale Mehrfrequenz-BIA das Potential hat, ein nützliches Werkzeug in der Feldforschung in der Humanbiologie speziell bei älteren Menschen zu sein. In weiteren Studien sollten nun populationsspezifische Regressionsgleichungen entwickelt werden.

Tabelle 102 Zusammenfassung der Studien über Ganzkörper und Segmentale Resistanz (R) und Reaktanz (Xc) Daten gemessen bei 50 kHz bei Erwachsenen mit Technik 1. Mittlere Werte sind dargestellt.

BIA Gerät	N	Geschl.	Altersbereich (Jahre)	Herkunft	Körper		Arm		Bein		Quelle
					R ₅₀	Xc ₅₀	R ₅₀	Xc ₅₀	R ₅₀	Xc ₅₀	
BIA Nutriguard-M, Data Input	48	m	21-83	Deutsche	477	55	212	22	242	29	Diese Studie ^b
BIA Nutriguard-M, Data Input	76	f	19-82	Deutsche	583	60	280	25	276	32	Diese Studie ^b
BIA 2000-M, Data Input	19 ^e	m/f	47±7 ^a	k. D.	501	56	230	24	261	30	Pirlich et al. 2003 ^b
BIA Gerät, eigene Konstruktion	51	f	18-62	k. D.	460	78	221	31	196	37	Bracco et al. 1996 ^{b, d}
BIA 101, RJL Systems	29	m	18-62	Europäer	474	59	223	29	242	35	Chumlea et al. 1988 ^c
BIA 101, RJL Systems	44	f	18-58	Europäer	588	65	295	33	287	39	Chumlea et al. 1988 ^c
BIA 101, RJL Systems	63	m	18-63	Europäer	484	64	216	31	254	38	Baumgartner et al. 1989 ^c
BIA 101, RJL Systems	72	f	18-58	Europäer	596	68	301	35	296	40	Baumgartner et al. 1989 ^c
BIA 101, RJL Systems	12	m/f	32-73	k. D.	600	51	320	28	245	23	Zillikens et al. 1992 ^c
BIA 101, RJL Systems	43	m/f	k. D.	k. D.	606	60	303	32	268	30	Woodrow et al. 1996 ^c
BIA 101, RJL Systems	10	m/f	k. D.	k. D.	562	52	279	29	–	–	Woodrow et al. 1997 ^c
Holtain prototype	12	m	25-62	k. D.	532	–	–	–	–	–	Fuller and Elia 1989 ^{b, e}
Holtain prototype	12	f	23-60	k. D.	612	–	–	–	–	–	Fuller and Elia 1989 ^{b, e}
4000B, Xitron	11	m	23-45	k. D.	528	–	242	–	236	–	Zhu et al. 1998 ^{c, d}

BIA = Bioimpedanzanalyse; k. D. = keine Daten; Technik 1 = Zusätzliche Elektroden im Hüft- und Schulterbereich;

^a Mittelwert ± Standardabweichung

^b Elektrodenposition im Hüftbereich nach der Definition von Fuller and Elia (1989)

^c Elektrodenposition im Hüftbereich nach der Definition von Chumlea et al. (1988)

^d Nur Messelektroden

^e Keine Daten für Arme und Beine, da die Autoren separate Werte für den Unterarm, den Oberarm, den Oberschenkel und den Unterschenkel publizierten

^f Nur die Werte der gesunden Kontrollen einbezogen, keine Patienten

Tabelle 103 Zusammenfassung der Studien über Ganzkörper und Segmentale Resistanz (R) und Reaktanz (Xc) Daten gemessen bei 50 kHz bei Erwachsenen mit Technik 2. Mittlere Werte sind dargestellt.

BIA Gerät	N	Geschl.	Altersbereich (Jahre)	Herkunft	Körper		Arm		Bein		Quelle
					R ₅₀	Xc ₅₀	R ₅₀	Xc ₅₀	R ₅₀	Xc ₅₀	
BIA Nutriguard-M, Data Input	48	m	21-83	Deutsche	463	57	230	25	217	28	Diese Studie ^b
BIA Nutriguard-M, Data Input	76	f	19-82	Deutsche	574	65	301	29	250	31	Diese Studie ^b
BIA Gerät, eigene Konstruktion	96	m	21-64	k. D.	455	58	212	25	223	30	Organ et al. 1994 ^b
BIA Gerät, eigene Konstruktion	104	f	19-74	k. D.	594	67	306	29	264	35	Organ et al. 1994 ^b
BC-118, Tanita	43	m	30-66	Japaner	515	–	273	–	215	–	Sato et al. 2007 ^c
BC-118, Tanita	29	f	33-64	Japaner	598	–	328	–	236	–	Sato et al. 2007 ^c
InBody 3.0, Biospace	50	m/f	40±12 ^a	k. D.	–	–	318	–	253	–	Bedogni et al. 2002 ^c
Xitron Technologies-4000	13	m/f	25-55	k. D.	–	–	340	–	243	–	Tan et al. 1997 ^c

BIA = Bioimpedanzanalyse; k. D. = keine Daten; Technik 2 = Messung nach dem Konzept der Equipotentiale mit zusätzlichem Schaltgerät

^a Mittelwert ± Standardabweichung

^b Gelelektroden auf dem Hand- und Fußrücken und Messungen mit den Probanden in einer liegenden Position

^c Taktile Elektroden in Handgriffen und Fußplatten für Handinnenflächen und Fußsohlen, Messungen mit dem Probanden in einer stehenden Position

Tabelle 104 Zusammenfassung der Studien über Ganzkörper und Segmentale Resistanz (R) und Reaktanz (Xc) Daten gemessen bei 50 kHz bei Erwachsenen mit Technik 3. Mittlere Werte sind dargestellt.

BIA Gerät	N	Geschl.	Altersbereich (Jahre)	Herkunft	Körper		Arm		Bein		Quelle
					R ₅₀	Xc ₅₀	R ₅₀	Xc ₅₀	R ₅₀	Xc ₅₀	
BIA Nutriguard-M, Data Input	48	m	21-83	Deutsche	475	53	232	23	229	25	Diese Studie
BIA Nutriguard-M, Data Input	76	f	19-82	Deutsche	579	59	303	26	260	27	Diese Studie
Human-IM DIP, DS-Medigroup	19	m	32±9 ^a	Europäer	453	–	214	–	228	–	Pietrobelli et al. 1998
Human-IM DIP, DS-Medigroup	30	f	31±10 ^a	Europäer	572	–	299	–	256	–	Pietrobelli et al. 1998
Human-IM DIP, DS-Medigroup	22	m	30±13 ^a	Europäer	445	–	206	–	222	–	Tagliabue et al. 2001
Human-IM DIP, DS-Medigroup	46	f	41±14 ^a	Europäer	545	–	283	–	244	–	Tagliabue et al. 2001

BIA = Bioimpedanzanalyse; k. D. = keine Daten; T3 = Messung nach dem Konzept der Equipotentiale ohne zusätzliches Schaltgerät

^a Mittelwert ± Standardabweichung

4.4 Einfluss verschiedener Faktoren auf die sBIA

4.4.1 Elektrodenplatzierung

Die Untersuchung zeigte statistisch signifikante Unterschiede für die Resistanz, die Reaktanz und den Phasenwinkel zwischen den hauptsächlich genutzten Elektrodenpositionen im Hüftbereich, die sich entweder auf Fuller und Elia (1989) oder auf Chumlea et al. (1988) beziehen. Dies trifft für die Werte von R , X_c und ϕ bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz zu, allerdings nicht auf den Phasenwinkel bei 5 kHz. An Elektrodenposition 1 (Fuller and Elia 1989) sind die Werte für R , X_c und ϕ höher verglichen mit Position 5 (Chumlea et al. 1988). Das bedeutet, dass die Positionen für die Messelektrode an der Hüfte nicht austauschbar sind.

Die Abnahme der Resistanzwerte von Position 1 bis 5 kann folgendermaßen erklärt werden: Wie durch die Gleichung $R = \rho \times L / A$ deutlich wird, ist R direkt proportional zur Länge des Leiters. Wenn Position 1 genutzt wird, ist die Leiterlänge größer als bei Benutzung von Position 5. Dies resultiert in größeren Resistanzwerten, wenn Position 1 anstelle von Position 5 genutzt wird. Dies entspricht den Ergebnissen von Salinari et al. (2003), die zeigten, dass sich die Resistanz mit abnehmender Länge des Leiters verringert. In dieser Studie war die Hüftregion nicht inbegriffen, die Annahme, dass eine Verkürzung der Leiterlänge eine Abnahme der Resistanz zur Folge hat, kann jedoch bestätigt werden. Die Querschnittsfläche hingegen scheint einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Abnahme der Resistanz zu haben. Dies hängt damit zusammen, dass die Hüftregion zu einem größeren Anteil aus Gewebe mit einem hohen Widerstand besteht wie Fettgewebe und Knochen, die elektrophysiologisch als Isolator betrachtet werden können, als aus Gewebe mit niedrigem elektrischem Widerstand, den Muskeln (Baumgartner et al. 1988). Aus diesem Grund wirken sich Veränderungen in der Querschnittsfläche hauptsächlich auf die elektrisch isolierenden Gewebe aus und beeinflussen nur wenig die Widerstandsmessungen (National Institute of Health 1996).

Die Reaktanz nimmt ebenfalls bei Verkürzung der Leiterlänge ab. Auch dies kann mit Hilfe der entsprechenden Gleichung $X_c = -L / (\omega \times \epsilon_0 \times \epsilon \times A)$ erklärt werden. Die Reaktanz steht also ebenfalls in einem proportionalen Verhältnis zur Länge. Ein Vergleich der Werte von Resistanz und Reaktanz zeigt eine größere prozentuale Abnahme der Reaktanz-Werte gegenüber den Resistanz-Werten von Position 1 zu Position 5 bei allen gemessenen Frequenzen.

Während die Resistanz bei allen gemessenen Frequenzen um etwa 8% sinkt, sind es hingegen 12-15% bei der Reaktanz. Dies hängt möglicherweise damit zusammen, dass es sich bei dem menschlichen Körper nicht um einen gleichförmigen Leiter handelt. Der menschliche Körper hat eine komplexe Struktur, der aus verschiedenen Gewebetypen mit unterschiedlichen kapazitiven Charakteristika besteht.

Weiterhin nimmt der Phasenwinkel ebenfalls von Position 1 zu Position 5 ab. Dies kann damit erklärt werden, dass der Phasenwinkel von dem geometrischen Verhältnis von R zu X_c abhängt ($\varphi = \arctan(X_c / R) \times (180 / \pi)$). Wenn sich beide Parameter im gleichen Verhältnis zwischen den entsprechenden Elektrodenpositionen ändern würden, würde sich der Phasenwinkel nicht verändern. Die beobachtete Abnahme des Phasenwinkels kann somit damit erklärt werden, dass sich das Verhältnis von X_c zu R verändert. Dies hängt mit der uneinheitlichen Geometrie und Gewebezusammensetzung des Beines und der Hüftregion zusammen, an der die Messelektrode an unterschiedlichen Stellen platziert wurde.

Die Unterschiede in den Resistanzwerten zwischen beiden Elektrodenpositionen haben auch Unterschiede in Werten für die Körperzusammensetzung zur Folge. Wurde die fettfreie Masse des Beines einmal mit einem Resistanz-Wert von Position 1 und mit dem Resistanz-Wert von Position 5 bestimmt, so resultiert dies in einem Unterschied von 0,9 kg, was hier 9% entspricht. Die Gleichung zur Bestimmung der fettfreien Masse wurde von Tagliabue et al. (2001) entwickelt und bezieht sich sowohl auf ein anderes Gerät (Human-IM DIP, DS-Medigroup, Mailand, Italien) als auch auf eine andere Elektrodenkonfiguration (nur periphere Elektroden). Ungeachtet dessen zeigen diese Ergebnisse, dass Unterschiede in der Resistanz, die aus unterschiedlichen Elektrodenpositionen resultieren, einen großen Einfluss auf die berechneten segmentalen Werte für die fettfreie Masse haben können.

Es wurden nicht nur die häufig genutzten Elektrodenpositionen 1 und 5 miteinander verglichen, sondern auch drei weitere Elektrodenpositionen, die in gleichen Abständen zwischen 1 und 5 liegen. Obwohl die Abstände zwischen aufeinander folgenden Positionen relativ klein sind, sind bei der Resistanz die Werte an jeder Position verglichen mit der vorherigen signifikant kleiner. Das Gleiche trifft auch auf die Werte der Reaktanz bei 50 kHz und 100 kHz zu. Diese Ergebnisse zeigen, wie auch gemäß der elektrophysikalischen Gesetzmäßigkeiten zu erwarten war, dass die Leiterlänge für die Bestimmung der Resistanz ein äußerst wichtiges Kriterium ist. Demzufolge können bereits kleine Änderungen in der Elektrodenposition an der

Hüfte zu verschiedenen Werten in Resistanz und Reaktanz führen. Für die Reaktanz bei 5 kHz trifft dies nicht zu. Die einzige signifikante Abnahme tritt zwischen den Positionen 4 und 5 auf. Dies deutet an, dass die Verkürzung der Leiterlänge bei einer Frequenz von 5 kHz durch die Änderung eines anderen Parameters kompensiert wird. Zum einen führt die niedrigere Frequenz von 5 kHz stärker zu einer fehlerhaften Interpretation der Messwerte als die höheren Frequenzen 50 kHz und 100 kHz. Das elektrische Feld breitet sich in menschlichem Gewebe bei 5 kHz und niedriger in einer anderen Weise aus als bei höheren Frequenzen. Dies hängt damit zusammen, dass bei Erhöhung der Frequenz des elektrischen Stromes das inhomogene menschliche Gewebe elektrisch homogener wird (Pethig 1987). Aus diesem Grund sind Messungen bei niedrigen Frequenzen (hier 5 kHz) unzuverlässiger als solche bei 50 kHz oder 100 kHz. Zum anderen kann die Erklärung mittels der Gleichung für die Reaktanz ($X_c = -L / (\omega \times \epsilon_0 \times \epsilon \times A)$), in der allein das Verhältnis zur Leiterlänge (L) betrachtet wird, offenbar nicht für 5 kHz herangezogen werden. Es bleiben als mögliche Variablen der Gleichung noch die dielektrische Permittivität des Gewebes (ϵ) und die Querschnittsfläche des Leiters (A). Während A unabhängig von der Frequenz ist, sich aber von Messpunkt zu Messpunkt verändert, ändert sich ϵ aufgrund der von Messpunkt zu Messpunkt unterschiedlichen Gewebeszusammensetzung und ist zusätzlich frequenzabhängig. Bei 5 kHz ändert sich ϵ möglicherweise wegen der höheren Inhomogenität des Gewebes bei niedrigeren Frequenzen stärker zwischen aufeinander folgenden Elektrodenpositionen und kompensiert damit die Längenänderung. Auch bei 50 kHz und 100 kHz unterscheidet sich ϵ möglicherweise zwischen den Messpositionen. Allerdings scheint dieser Effekt aufgrund der größeren elektrischen Homogenität bei höheren Frequenzen niedriger und damit eher vernachlässigbar zu sein. Weiterhin kann bei einer Frequenz von 5 kHz der angelegte elektrische Strom die Zellwände erschwert passieren, weshalb die Bahn des elektrischen Stromes hauptsächlich extrazellulär ist (Pethig 1987). Die gleichen Faktoren, die X_c beeinflussen, wirken sich auch auf den Phasenwinkel aus. Aus diesem Grund verändert sich der Phasenwinkel in der gleichen Weise wie X_c zwischen aufeinander folgenden Elektrodenpositionen.

Die vorliegende Studie war auf nicht-adipöse Frauen beschränkt. Die beobachteten Effekte verschiedener Elektrodenpositionen sind möglicherweise noch größer bei übergewichtigen Frauen. Weitere Studien sind notwendig, um den Effekt zu untersuchen, den das Körpergewicht und der Hüftumfang auf die Elektrodenpositionierung an der Hüfte haben. Weiterhin wäre es interessant, den Effekt der Elektrodenpositionierung auf die Bioimpedanzwerte bei

Männern zu untersuchen, die durch eine andere Körperfettverteilung als Frauen charakterisiert sind.

Diese Studie zeigt, dass die Nutzung der Elektrodenpositionen 1 oder 5 zu mehreren statistisch signifikant unterschiedlichen Bioimpedanzwerten für die segmentale Bioimpedanzanalyse des Beines führt. Hier stellt sich nun die Frage, in welcher Weise die verschiedenen Elektrodenpositionen die Ganzkörperwerte beeinflussen würden, wenn sie aus der Summe der segmentalen Werte von Arm, Bein und Rumpf berechnet würden. Weiterhin stellte sich die Frage, welche Elektrodenposition an der Hüfte die konsistenteren Werte liefert. Es wird die Annahme zu Grunde gelegt, dass das Aufsummieren der segmentalen Werte für Arm, Bein und Rumpf in gleichen oder fast gleichen Werten wie bei Ganzkörpermessungen resultiert.

Ein Vergleich der entsprechenden Literaturwerte zeigt (Tabelle 102), dass die Verwendung der Elektrodenposition 1 für die proximale Messelektrode für die Widerstandsmessung des Beines in der Hüftregion sowohl zu Über- als auch zu Unterschätzungen der Ganzkörperwerte führt (Pirlich et al. 2003, Bracco et al. 1996, Fuller und Elia 1989). Im Gegensatz dazu führt die Verwendung der Elektrodenposition 5 immer zu einer Überschätzung der Ganzkörperimpedanzwerte (Baumgartner et al. 1989, Chumlea et al. 1988, Woodrow et al. 1992, Zillikens et al. 1989). Weiterhin war diese Überschätzung größer als im Fall der Elektrodenposition 1. Es kann festgestellt werden, dass die Verwendung der Elektrodenposition 5 einen systematischen Fehler birgt, speziell bei den Reaktanzwerten. Zusammengefasst kann angenommen werden, dass die Elektrodenposition 1 in der Hüftregion für die Bestimmung der Bioimpedanzwerte des Beines besser geeignet ist als Position 5, weil im Gegensatz zu Position 5 bei Position 1 kein systematischer Fehler zu erkennen ist und die auftretenden Überschätzungen bei Position 1 kleiner sind als bei Position 5.

4.4.2 Körperposition und Blutdruck

Die meisten Untersuchungen, die sich mit Unterschieden in Widerstandswerten der Bioimpedanzanalyse bei Veränderung der Körperposition beschäftigten, beschränkten sich auf wenige Probanden ($N < 20$), deren mittleres Alter auch nicht über 50 Jahren lag (z.B. Roos et al. 1992, Gudivaka et al. 1994, Andreoli et al. 2002). Nur in der Studie von Rush et al. (2006) sind ältere Menschen im Untersuchungskollektiv inbegriffen. Weiterhin beschränken sich alle bekannten Untersuchungen auf R bzw. Z. Die meisten Studien betreffen nur Ganzkörperwerte. Lediglich in den Studien von De Lorenzo et al. (1997), Thomas et al. (1998) und Zhu et al.

(1998) wurden einzelne Körpersegmente untersucht. Eine Untersuchung der Veränderung der segmentalen Resistanz, Reaktanz und des Phasenwinkels bei Menschen ab 60 Jahren zwischen Stehen und Liegen und während einer Liegephase von 30 Minuten ist der Autorin nicht bekannt.

Eine Analyse der Messwerte R , X_c und ϕ bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz mittels ANOVA für Messwiederholungen zeigte für den ganzen Körper sowie für Arme und Beine signifikante Unterschiede. Allerdings gilt hier zu berücksichtigen, dass Werte miteinander verglichen wurden, die in zwei verschiedenen Körperpositionen (im Stehen und im Liegen) erhoben wurden und im Verlauf von 30 Minuten im Liegen. Deshalb wurden in einem zweiten Schritt die Werte aus der ersten Messung im Stehen (t_0) mit der ersten Messung im Liegen (t_{20}) verglichen, um den Einfluss der Veränderung der Körperposition festzustellen, und die Werte der ersten Messung im Liegen (t_{20}) mit der letzten Messung im Liegen (t_{50}), um den Einfluss der Liegezeit zu ermitteln. Weiterhin wurden die Unterschiede der Werte des ersten und zweiten Messzeitpunktes im Stehen (t_0 , t_{10}) und im Liegen (t_{20} , t_{30}) miteinander verglichen, um die Auswirkungen der ersten 10 Minuten einer Körperposition auf die Messwerte zu ermitteln sowie die Unterschiede der aufeinander folgenden Messzeitpunkte im Liegen (t_{20} - t_{50}) verglichen, um einen Messzeitpunkt herauszuarbeiten, an dem die Schwankungen möglichst klein sind.

Der Vergleich zwischen den Werten im Stehen und im Liegen zeigt bei Frauen in 11 von 27 Variablen und bei Männern bei 10 von 27 Variablen einen Anstieg der gemessenen Widerstandswerte vom Stehen zum Liegen. Dies widerspricht zwar der Studie von Andreoli et al. (2002), die bei Frauen keinen Unterschied zwischen Messungen im Stehen und Liegen feststellen konnten, entspricht allerdings den Ergebnissen von z.B. Roos et al. (1992), Zhu et al. (1998) und Rush et al. (2006). Diese Veränderung ist am deutlichsten in den Beinen und im ganzen Körper zu beobachten, hier vor allem bei Frauen, bei denen jeweils fünf der neun Variablen signifikant ansteigen.

Nach der Liegezeit von 30 Minuten kann ebenfalls ein signifikanter Anstieg der Impedanzwerte (R , X_c , ϕ) beobachtet werden. Bei Männern steigen 24 von 27 Variablen signifikant an, bei Frauen alle 27 Variablen. Hier sind die prozentualen Veränderungen bei Männern stärker ausgeprägt und betreffen hauptsächlich die Beine und den ganzen Körper. Auch hier sind so-

wohl bei Männern als auch bei Frauen die prozentualen Abweichungen von X_c und ϕ größer als die von R .

Der starke Anstieg der Impedanzwerte in den Beinen wurde in der Literatur bereits diskutiert (Gudivaka et al. 1994, De Lorenzo et al. 1997, Zhu et al. 1998) und auf Gravitationseffekte zurückgeführt. (Roos et al. 1992). Körperwasser sammelt sich in einer aufrechten Position vermehrt in den unteren Extremitäten an und bedingt somit eine höhere Leitfähigkeit der Beine oder anders ausgedrückt einen niedrigeren Widerstand. Bereits De Lorenzo et al. (1997) fanden eine stärkere Ausprägung der Änderung der Impedanz bei 5 kHz. Bei den vorliegenden Daten kann zumindest bei den Frauen eine stärkere prozentuale Änderung bei 5 kHz gegenüber 50 kHz und 100 kHz sowohl für den Unterschied zwischen t_0 und t_{20} als auch t_{20} und t_{50} für die Beine festgestellt werden. Bei Männern trifft dies nur auf die Werte des ganzen Körpers zwischen t_{20} und t_{50} zu. Die stärkeren Änderungen bei 5 kHz gegenüber 50 kHz und 100 kHz sind möglicherweise auf Verschiebungen des Wassers im Extrazellarraum zurückzuführen (De Lorenzo et al. 1997). Das Wasser im Interstitium wird aufgrund der verminderten Wirkung der Gravitation im Liegen in den intravaskulären Raum absorbiert (Roos et al. 1992). Gleichzeitig steigt der venöse Blutfluss, was einen Transport von mehr Flüssigkeit zum Herzen und damit zur Körpermitte hin zur Folge hat (Gudiviaka et al. 1994). Dies konnten Zhu et al. (1998) bestätigen, die eine Abnahme der Resistanz in Armen und Beinen feststellten, allerdings eine Zunahme im Rumpf.

Die Daten zeigen, dass die Veränderung innerhalb der ersten 10 Minuten im Liegen am größten ist aber auch, dass sich die Werte nach 30 Minuten noch nicht stabilisiert haben. Die Veränderung der Werte über einen längeren Zeitraum wurde bereits in mehreren Studien nachgewiesen (z.B. Gudivaka et al. 1994, Rush et al. 2006). Eine Empfehlung für die Anwendung wäre, die Messung nach 10 Minuten Liegezeit durchzuführen. Dies entspricht auch den Empfehlungen des National Institute of Health (NIH 1996). Da ein vollständiger Durchgang der segmentalen Messung bei drei Frequenzen ca. 5 Minuten dauert, sind diese Werte noch großen Veränderungen unterlegen. Zwar sind die Werte auch nach 10 Minuten noch nicht stabil, die Veränderungen nach 10minütiger Liegezeit ist allerdings geringer gegenüber der Veränderung innerhalb der ersten 10 Minuten.

Eine signifikante Veränderung des Blutdrucks und des Pulses konnte nur zwischen den Messpunkten t_0 und t_{20} festgestellt werden, der Änderung der Position vom Stehen zum Liegen,

und zwar mit einem Absinken von systolischem und diastolischem Druck sowie dem Puls im Liegen. Da zwischen t_{20} und t_{50} keine signifikanten Änderungen des Blutdrucks festgestellt werden konnten, sich allerdings hier die meisten Impedanzwerte signifikant änderten, ist davon auszugehen, dass der Blutdruck keinen direkten Einfluss auf die Bioimpedanzmessung hat. Die Veränderung des Blutdrucks im Stehen zum Liegen sowie die Änderung der Bioimpedanzwerte stehen zwar in keinem direkten Zusammenhang, sind allerdings auf den gleichen Effekt der Gravitation zurückzuführen. Während die Gravitation eine Verschiebung des Wassers vom Extrazellarraum und damit einen Transport des Wassers in den Rumpf zur Folge hat, was die Impedanzwerte des ganzen Körpers und der Extremitäten beeinflusst, sorgt die Gravitation auch dafür, dass der hydrostatische Druck auf die Blutgefäße nachlässt. Durch den erleichterten venösen Blutfluss zum Herzen sinken somit auch der Blutdruck und die Schlagfrequenz.

4.5 Synopsis

Mit der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, wie sich die Messdurchführung der segmentalen Bioimpedanzanalyse für ältere Menschen optimieren lässt. Es wurden hierzu vier Fragestellungen untersucht.

Die erste Fragestellung befasste sich mit der grundsätzlichen Anwendbarkeit des Gerätes BC-418 MA (Tanita) für die Untersuchung der segmentalen Muskel- und Fettmasse bei älteren deutschen Männern und Frauen. Da es sich hier um ein Gerät handelt, bei der Messungen ausschließlich in einer stehenden Position möglich sind, ist der Personenkreis bereits eingeschränkt, an dem die Messungen durchgeführt werden können. Mit dieser Fragestellung wurde ausschließlich die Genauigkeit für die Berechnung der abgeleiteten Kompartimente untersucht. Wie gezeigt wurde, ist eine Genauigkeit der Werte nur teilweise gegeben, wobei hier die Abweichungen bei Männern größer sind als bei Frauen. Die großen Abweichungen werden auf die den Berechnungen der Kompartimente zugrunde liegenden Regressionsgleichungen zurückgeführt. Diese wurden zwar an Japanern und Europäern entwickelt. Es ist jedoch nicht zu erkennen, ob das Kollektiv auch repräsentativ für eine ältere europäische Bevölkerung ist. Es wird deshalb empfohlen, eine neue Gleichung für die Bestimmung der segmentalen Muskel- und Fettmasse speziell für ältere Europäer zu entwickeln.

Mit der zweiten Fragestellung wurden Unterschiede zwischen drei Messtechniken (T1, T2, T3) hinsichtlich gemessener Reaktanz, Resistanz und Phasenwinkel herausgearbeitet, die sich auf ein Messgerät beziehen (Nutriguard-M, Data Input), mit dem segmentale Messungen auch im Liegen möglich sind. In T1 wurden zusätzliche Elektroden an Schulter und Hüfte angebracht, in T2 wurde ein neu entwickeltes Schaltgerät auf Basis von Equipotentialen verwendet und in T3 wurde die Funktion des Schaltgerätes durch manuelles Verbinden der Kabel simuliert. Hinsichtlich der Anwendbarkeit birgt das Schaltgerät Vorteile gegenüber T2 und T3 durch Verkürzung der Messzeit und Vereinfachung des Prozesses. Allerdings wurden sowohl zu T1 als auch zu T3 signifikante Unterschiede festgestellt. Diese Unterschiede werden mit anderen Stromwegen von T2 gegenüber T1 und einem spezifischen kapazitiven Widerstand des Gerätes selbst im Unterschied von T2 zu T3 versucht zu erklären. Eine Anwendung des Gerätes Nutriguard-M mit Schaltgerät zur Messung der segmentalen Bioimpedanzanalyse bei älteren Menschen ist möglich, allerdings müssen die Regressionsgleichungen zur Bestimmung der segmentalen Kompartimente spezifisch für das neue Gerät entwickelt werden.

Im Zusammenhang mit der direkten segmentalen Messung und dem Vergleich mit den Messtechniken über Äquipotentiale entstand aufgrund von inkonsistenten Definitionen die Frage, welchen Einfluss die Platzierung der Hüftelektrode für die Widerstandswerte des Beines hat. Wie bereits erläutert wurde, verringern sich aufgrund physikalischer Gesetzmäßigkeiten die Werte für Resistanz, Reaktanz und Phasenwinkel zwischen der proximalen Position und der distalen Position der Messelektrode an der Hüfte. Mit diesen Ergebnissen sind auch die Unterschiede speziell in den Messwerten des Beines zwischen T1 und T2 zumindest teilweise erklärbar. Für eine Vergleichbarkeit verschiedener Untersuchungen sind standardisierte Messpositionen unabdingbar. Es wird empfohlen die Messposition an der *Crista iliaca* (Position 1) wie von Fuller und Elia (1989) vorgeschlagen zu verwenden, da diese leichter zu reproduzieren ist, die Intimsphäre bewahrt und im Vergleich mit Literaturwerten keinen systematischen Fehler in der Schätzung der Werte zu bergen scheint.

Mit der vierten Fragestellung wurde untersucht, in welchem Maß sich die Messwerte abhängig von der Körperposition verändern und ob es einen Zeitpunkt gibt, der für die Erfassung der segmentalen Impedanzwerte empfehlenswert ist. Es wurde festgestellt, dass sowohl die Veränderung der Körperposition einen Einfluss auf die Messwerte hat als auch die Liegedauer von 30 Minuten. In beiden Fällen steigt zumindest ein großer Teil der segmentalen direkten Messwerte R , X_c und ϕ signifikant an. Diese Veränderungen werden auf die Verteilung des

Körperwassers bei Veränderung der Messposition zurückgeführt. Eine Empfehlung für einen geeigneten Messzeitpunkt kann auf Grundlage der vorliegenden Daten dahingehend gegeben werden, dass die stärksten Änderungen innerhalb der ersten 10 Minuten auftreten und von daher in Anbetracht einer mittleren Messdauer von etwa 5 Minuten der Beginn der Messung nach 10 Minuten Liegen empfehlenswert ist.

Auf Grundlage der vorliegenden Ergebnisse wird empfohlen, bei der Messdurchführung der segmentalen Bioimpedanzanalyse bei älteren europäischen Menschen auf folgende Punkte zu achten:

1. Das Gerät BC-418 MA (Tanita) sollte in der vorliegenden Form ausschließlich im Bewusstsein der festgestellten signifikanten Messungenauigkeiten genutzt werden.
2. Messungen sollten im Liegen mit einem für dafür geeigneten Gerät (z.B. Nutriguard-M, Data Input) erfolgen.
3. Für die Messung sollte in Ergänzung zu Nutriguard-M das Schaltgerät verwendet werden, für das allerdings gerätespezifische und kollektivspezifische Regressionsgleichungen entwickelt werden müssen.
4. Messungen sollten erst nach einer Liegezeit von 10 Minuten beginnen.

5 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit zur Untersuchung der Einflussfaktoren, der Reproduzierbarkeit, der Genauigkeit und der Anwendbarkeit der segmentalen Bioimpedanzanalyse (sBIA) bei älteren Menschen hatte vier Hauptziele:

1. Evaluation der Genauigkeit und Anwendbarkeit eines kommerziellen segmentalen Bioimpedanzanalysators (BC-418 MA, Tanita) hinsichtlich abgeleiteter Muskel- und Fettmasse bei älteren Menschen.
2. Evaluation der Anwendbarkeit eines zusätzlichen Schaltgerätes zur segmentalen Bioimpedanzanalyse im Vergleich zu zwei weiteren Messtechniken (Nutriguard-M, Data Input).
3. Die Bestimmung des Einflusses der Platzierung der Messelektrode an der Hüfte auf die Widerstandswerte des Beines (Nutriguard-M, Data Input).
4. Die Bestimmung des Einflusses der Körperposition mit der Herausarbeitung eines empfehlenswerten Messzeitpunktes für die segmentale Bioimpedanzanalyse (Nutriguard-M + Schaltgerät, Data Input).

Es wurden insgesamt 102 ältere Probanden (52 Männer und 50 Frauen) mit einem mittleren Alter von $68,8 \pm 5,12$ Jahren untersucht. Als kommerzieller segmentaler Monofrequenz-Bioimpedanzanalysator wurde das Gerät BC-418 MA (Tanita, Tokio, Japan) verwendet, zur Mehrfrequenz-sBIA (5 kHz, 50 kHz, 100 kHz) das Gerät Nutriguard M mit einem neu entwickelten Prototyp eines Schaltgeräts zur segmentalen Messung (Data Input, Darmstadt). Mit der Mehrfrequenz-BIA wurden Resistanz (R), Reaktanz (X_c) und Phasenwinkel (ϕ) untersucht, mit der Monofrequenz-sBIA die Impedanz sowie die abgeleiteten Werte Muskelmasse (MM) und Fettmasse (FM). Als Referenzmethode zur Bestimmung der MM und FM wurde die Doppelröntgen-Absorptionsmessung (DXA) angewendet.

Die Ergebnisse zur Untersuchung der Genauigkeit des segmentalen Bioimpedanzanalysators BC-418 MA zeigen im Mittel eine signifikante Unterschätzung der Muskelmasse der Männer in Armen und Beinen sowie eine Überschätzung der Muskelmasse im linken Arm und im Rumpf der Frauen. Die mittlere Fettmasse hingegen wird in den Beinen, dem Rumpf und im ganzen Körper der Männer signifikant überschätzt und in den Armen der Frauen signifikant unterschätzt. Es konnte ein negativer Zusammenhang mit der prozentualen Über- oder Unter-

schätzung und der mittels DXA erfassten segmentalen Muskel und Fettmasse festgestellt werden. Außerdem deuten die Ergebnisse darauf hin, dass es geschlechtsspezifische Unterschiede in der Fehlschätzung der mittels sBIA erfassten Werte gibt. Diese Über- und Unterschätzung wird in erster Linie auf die den Berechnungen zu Grunde liegenden Regressionsgleichungen zurückgeführt, die an einem Probandenkollektiv bestehend aus Asiaten und Europäern entwickelt wurden. Ob das Kollektiv auch für eine rein deutsche bzw. mitteleuropäische ältere Bevölkerung repräsentativ ist, ist unbekannt. Für die Anwendung bei mitteleuropäischen älteren Menschen sollten die Gleichungen zur Bestimmung der Muskel- und Fettmasse überarbeitet werden.

Die Anwendbarkeit des Schaltgerätes zur sBIA als Ergänzung zum Mehrfrequenz-Bioimpedanzanalysator Nutriguard M wurde im Vergleich mit zwei weiteren Techniken geprüft. Technik 1 (T1) waren direkte Messungen, bei denen zusätzlich zu den standardisierten Platzierungen der Messelektroden an Hand- und Fußrücken weitere Elektroden an Schulter und Hüfte angebracht wurden. Technik 2 (T2) basiert auf der Verwendung des Schaltgerätes, welches nur über Elektroden an Hand- und Fußrücken anschließt und die verschiedenen Messstrecken über einen Schalter aktiviert. Technik 3 (T3) verwendet die gleichen Anschlüsse wie T2, allerdings ohne Verwendung des Schaltgerätes aber manueller Simulation der Funktion des Gerätes durch Umstecken der Anschlüsse. Es wurde ein signifikanter Technikereffekt beobachtet. Die Unterschiede von T2 zu T1 in den segmentalen Werten werden hauptsächlich auf unterschiedliche Stromwege zurückgeführt, während die Unterschiede von T2 zu T3 und dem Ganzkörperwert von T1 mit den spezifischen Eigenschaften des Schaltgerätes und dessen Eigenimpedanz erklärt werden. Trotz der Unterschiede zwischen den Messtechniken ist Technik 2 potentiell als nützliches Gerät zur Bioimpedanzanalyse geeignet. In einem weiteren Schritt müssen allerdings geräte- und populationsspezifische Regressionsgleichungen entwickelt werden.

Zur Untersuchung des Einflusses der Position der Messelektrode im Bereich der Hüfte auf Resistanz, Reaktanz und Phasenwinkel des Beines wurden fünf Punkte definiert: Position 1 orientierte sich an der Definition von Fuller und Elia (1989), die die Messelektrode anterior der *Crista iliaca* positionierten, Position 5 an der Definition von Chumlea et al. (1988) mit der Position in Höhe der Glutealfalte. Die Positionen 2-4 lagen in gleichen Abständen zwischen den Positionen 1 und 5. Die korrespondierende Messelektrode wurde an der standardisierten Stelle am Fußknöchel angebracht. Resistanz und Reaktanz sind bei 5 kHz, 50 kHz und

100 kHz an Position 1 größer als an Position 5 und der Phasenwinkel bei 50 kHz und 100 kHz. Auch die Werte von aufeinander folgenden Messpositionen wurden mit Verkürzung des Leiters jeweils signifikant kleiner. Dies ist auf elektrophysikalische Grundsätze zurückzuführen. Um vergleichbare Messungen zu erhalten, ist eine Standardisierung der Messposition im Hüftbereich unabdingbar.

Zur Untersuchung des Einflusses der Körperposition wurde an sechs Zeitpunkten im Abstand von 10 Minuten eine segmentale Bioimpedanzanalyse auf der rechten Körperseite durchgeführt. Die ersten beiden Messungen (t_0 , t_{10}) fanden mit den Probanden im Stehen statt. An den Zeitpunkten t_{20} - t_{50} lagen die Probanden. Untersucht wurden R , X_c und ϕ bei 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz. Der Vergleich der Werte im Stehen und im Liegen zeigt bei etwas weniger als der Hälfte der Variablen einen signifikanten Anstieg nach dem Positionswechsel vom Stehen zum Liegen. Auch über eine Liegezeit von 30 Minuten kam es zu einem signifikanten Anstieg bei fast allen Variablen mit dem größten Anstieg nach den ersten 10 Minuten im Liegen. Am ausgeprägtesten ist diese Veränderung in den Beinen, am wenigsten in den Armen. Eine Plateauphase war nach 30 Minuten noch nicht erreicht. Der Anstieg der Werte ist mit einer Verschiebung des körpereigenen Wassers von den Beinen zum Rumpf hin zu erklären. Es ist empfehlenswert, eine segmentale Messung erst nach einer Liegezeit von 10 Minuten durchzuführen.

Es konnte kein systematischer signifikanter Einfluss von Blutdruck, Handkraft, Muskelspannung und Aktivitätsgrad auf die segmentalen direkten Messwerte beobachtet werden.

6 Summary

The present study on research of influence factors, reproducibility, accuracy, and applicability of segmental bioimpedance analysis (sBIA) in elderly people included four main aims:

1. Evaluation of accuracy and applicability of a commercial available segmental bioimpedance analyzer (BC-418 MA, Tanita) with respect to estimated muscle and fat mass in elderly people.
2. Evaluation of the applicability of an additional switching unit for segmental bioimpedance analysis in comparison to two other measuring techniques (Nutriguard-M, Data Input)
3. Determination of the influence of the position of the measuring electrode in the hip region on the direct measuring values of the leg (Nutriguard-M, Data Input)
4. Determination of the influence of the body position and elaboration of a recommendable point of time for segmental bioimpedance analysis measuring (Nutriguard-M + switching unit, Data Input).

In total 102 elderly subjects (52 men and 50 women) with mean age of 68.8 ± 5.12 years were examined. A commercially available single frequency bioimpedance analyzer BC-418 MA (Tanita, Tokyo, Japan) was used. For multi frequency segmental BIA (5 kHz, 50 kHz, 100 kHz) Nutriguard M with a new developed prototype of a switching unit for segmental measurements (Data Input, Darmstadt) was utilized.

With multi frequency BIA resistance (R), reactance (Xc) and phase angle (ϕ) were examined, with single frequency sBIA impedance as well as estimated values for muscle mass (MM) and fat mass (FM). As reference method for determination of MM and FM dual energy X-ray absorptiometry (DXA) was applied.

The results of the analysis of the accuracy of the segmental bioimpedance analyzer BC-418 MA show in mean a significant underestimation in MM in arms and legs of men and an overestimation in MM of left arm and trunk of women. Mean FM is significantly overestimated in legs and trunk and in whole body of men and underestimated in arms of women. A negative relationship with the proportional over- and underestimation and with DXA determined segmental MM and FM was found. In addition, the results show evidence for sex specific differences bias of sBIA estimated values. These over- and underestimations are explained primar-

ily with the regression equations which were developed on the basis of a reference population consisting of Asians and Europeans. It is not known if this population is representative for German respective Middle European elderly people. For the application to Middle European elderly people the equations for determining MM and FM should be revised.

The applicability of the switching unit attached to the multi frequency BIA device Nutriguard-M (Data Input) was tested in comparison with two other techniques. Technique 1 (T1) is a direct segmental measuring technique, where in addition to the standardized electrode placements on dorsum of hand and foot, electrodes on shoulder and hip are attached. Technique 2 (T2) is based on the utilization of the switching unit, which only connects with electrodes on dorsum of hand and foot and activates the different measuring sections with a switch. Technique 3 (T3) uses the same contacts as T2, however without using the switching unit but simulating the function of the device by manually changing the connections.

A significant technique effect was observed. The differences from T2 to T1 in the direct segmental values were mainly explained with different electrical pathways, while the differences from T2 to T3 in the direct segmental values and to the direct values of the whole body from T1 was explained with the specific properties of the switching unit and its inherent impedance. Despite the differences between the measuring techniques, T2 is potentially appropriate as a useful device for bioimpedance analysis. However device and population specific regression equations have to be developed in a next step.

To analyze the influence of the position of the measuring electrode in the hip region on resistance, reactance and phase angle of the leg, five positions were defined: position 1 according to the definition of Fuller and Elia (1989) who positioned the measuring electrode anterior to the iliac crest, position 5 according to the definition of Chumlea et al. (1988) with the measuring electrode in the same level as the gluteal crease. The positions 2-4 were in equal distances between position 1 and 5. The corresponding measuring electrode was placed at the standardized site at the ankle. Values at position 1 are bigger than those at position 5 for resistance and reactance at 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz and for the phase angle at 50 kHz und 100 kHz. The values for successive electrode positions decreased significantly with shortening of the conductor. This can be explained with electro-physical principles. In order to have comparable measurements, standardization of the measuring position in the hip region is crucial.

For the examination of the influence of the body position, measurements with segmental bioimpedance analysis at the right side of the body at six different time points in intervals of 10 minutes were conducted. At the first two measurements (t_0 , t_{10}) the subjects had been in standing position. At the points of time t_{20} - t_{50} the subjects were in supine position. R , X_c and ϕ at 5 kHz, 50 kHz and 100 kHz were examined. The comparison of the values in standing and supine position showed at slightly less as half of the variables a significant increase after the change of the position. Even after lying supine for 30 minutes there was still a significant increase in virtually all variables with the greatest increase after the first 10 Minutes in supine position. The change is most distinct in the legs and fewest in the arms. A plateau phase was not yet reached after 30 Minutes. The increase of the values is explainable with a drift of the body water from the legs to the trunk. Therefore it is recommended to start segmental measurements after a supine idle time of 10 Minutes.

A systematic significant influence of blood pressure, grip strength, muscle tension and activity degrees on direct segmental measuring values was not observed.

7 Literatur

Aaron R, Esper GJ, Shiffman CA, Bradonjic K, Lee KS, Rutkove SB (2006) Effects of age on muscle as measured by electrical impedance myography. *Physiol Meas* 27: 953-959.

Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Irwin ML, Swartz AM, Strath SJ, O'Brien WL, Bassett DR, Schmitz KH, Emplaincourt PO, Jacobs DR, Leon AS (2000) Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc* (suppl.) 32: S498-S516.

Akers R, Buskirk ER (1969) An underwater weighing system utilizing „force cube“ transducers. *J Appl Physiol* 26: 649-652.

Andreoli A, Melchiorri G, De Lorenzo A, Caruso I, Sinibaldi Salimei P, Guerrisi M (2002) Bioelectrical impedance measures in different position and vs dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). *J Sports Med Phys Fitness* 42: 186-189.

Baecke JAH, Burema J, Frijters JER (1982) A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. *Am J Clin Nutr* 36: 936-942.

Baumgartner RN, Chumlea WC, Roche AF (1988) Bioelectric impedance phase angle and body composition. *Am J Clin Nutr* 48: 16-23.

Baumgartner RN, Chumlea WC, Roche AF (1989) Estimation of body composition from bioelectrical impedance of body segments. *Am J Clin Nutr* 50: 221-226.

Bedogni G, Malavolti M, Severi S, Poli M, Mussi C, Fantuzzi AL, Battistini N (2002) Accuracy of an eight-point tactile-electrode impedance method in the assessment of total body water. *Eur J Clin Nutr* 56: 1143-1148.

Bland JM, Altman DG (1986) Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1:307-310

Bosy-Westphal A, Mast M, Eichhorn C, Becker C, Kutzner D, Heller M, Müller MJ (2003) Validation of air-displacement plethysmography for estimation of body fat mass in healthy elderly subjects. *Eur J Nutr* 42: 207-216.

- Bosy-Westphal A, Korth O, Müller MJ (2005) Body Composition Research: Von klassischen Kompartimentmodellen zu metabolischen und qualitativen Analysen. *Aktuel Ernähr Med* 30: 130-135.
- Bracco D, Thiébaud D, Chioléro RL, Landry M, Burckhardt P, Schutz Y (1996) Segmental body composition assessed by bioelectrical impedance analysis and DEXA in humans. *J Appl Physiol* 81: 2580-2587.
- Brown BH, Karatzas T, Nakielny R, Clarke RG (1988) Determination of upper arm muscle and fat areas using electrical impedance measurements. *Clin Phys Physiol Meas* 9: 47-55.
- Burger HC, van Milaan JB (1943) Measurements of the specific resistance of the human body to direct current. *Acta Med Scand* 114: 584-607.
- Caton JR, Molé PA, Adams WC, Heustis DS (1988) Body composition analysis by bioelectrical impedance: effect of skin temperature. *Med Sci Sports Exerc* 20: 489-491.
- Cha K, Shin S, Shon C, Choi S, Wilmore DW (1997) Evaluation of segmental bioelectrical impedance analysis (SBIA) for measuring muscle distribution. *J ICHPER SD-Asia* 1: 11-14
- Chumlea WC, Baumgartner RN, Roche AF (1988) Specific resistivity used to estimate fat-free mass from segmental body measures of bioelectric impedance. *Clin Nutr* 48: 7-15.
- Cornish BH, Jacobs A, Thomas BJ, Ward LC (1999) Optimizing electrode sites for segmental bioimpedance measurements. *Physiol Meas* 20: 241-250.
- Cornish BH, Thomas BJ, Ward LC (1998) Effect of temperature and sweating on bioimpedance measurements. *Appl Radiat Isot* 49: 475-476.
- De Lorenzo A, Andreoli A, Deurenberg P (1997) Impedance ratio as a measure of water shifts. *Ann Nutr Metab* 41: 22-28.
- Demura S, Sato S, Kitabayashi T (2005) Estimation accuracy of percent total body fat and percent segmental fat measured by single-frequency bioelectrical impedance analysis with 8 electrodes: the effect of difference in adiposity. *J Sports Med Phys Fitness* 45: 68-76
- Dempster P, Aitkens S (1995) A new air displacement method for the determination of human body composition. *Med Sci Sports Exerc* 27: 1692-1697.
- Després JP, Lemieux I (2006) Abdominal obesity and metabolic syndrome. *Nature* 444: 881-887

- Drewnowski A, Evans WJ (2001) Nutrition, physical activity, and quality of life in older adults: summary. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 56(2):89-94
- Deurenberg P (1994) International consensus conference on impedance in body composition. *Age Nutr* 5: 142-145.
- Dittmar M, Reber H (2004) Validation of different bioimpedance analyzer for predicting cell mass against whole-body counting of potassium (^{40}K) as a reference method. *Am J Hum Biol* 16: 697-703.
- Dittmar M, Reber H (2001) New equations for estimating body cell mass from bioimpedance parallel models in healthy older Germans. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 281: E1005-E1014.
- Field A (2009) *Discovering statistics using SPSS*. Third Edition. London: Sage Publications, 822 S.
- Forbes GB, Reina JC (1970) Adult lean body mass declines with age: some longitudinal observations. *Metabolism* 19: 653-663.
- Forbes GB, Bruining GJ (1976) Urinary creatinine excretion and lean body mass. *Am J Clin Nutr* 29: 1359-1366.
- Foster KR und Lukaski HC (1996) Whole-body impedance – what does it measure? *Am J Clin Nutr* 64 (suppl): 388S-396S.
- Frey I, Berg A, Grathwohl D, Keul J (1999) Freiburger Fragebogen zur körperlichen Aktivität - Entwicklung, Prüfung und Anwendung. *Soz- Präventivmed* 44: 55-64.
- Fuller and Elia (1989) Potential use of bioelectrical impedance of the ‘whole body’ and of body segments for the assessment of body composition: comparison with densitometry and anthropometry. *Eur J Clin Nutr* 43: 779-791.
- Fürstenberg A, Davenport A (2011) Assessment of Body Composition in Peritoneal Dialysis Patients Using Bioelectrical Impedance and Dual-Energy X-Ray Absorptiometry. *Am J Nephrol* 33: 150-156.
- Gallagher D, Visser M, De Meersman RE, Sepúlveda D, Baumgartner RN, Pierson RN, Harris T, Heymsfield SB (1997) Appendicular skeletal muscle mass; effects of age, gender, and ethnicity. *J Appl Physiol* 83: 229-239.

Geddes LA, Baker LE (1967) The specific resistance of biological material – a compendium of data for the biomedical engineer and physiologist. *Med Biol Eng* 5: 271-293.

Grimby G (1995) Muscle performance and structure in the elderly as studied cross-sectionally and longitudinally. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 50 (Spec No): 17-22.

Gudivaka R, Schoeller D, Ho T, Spiegel D, Kushner R (1994) Effect of body position, electrode placement and time on prediction of total body water by multifrequency bioelectrical impedance analysis. *Age Nutr* 5: 111-117.

Gudivaka R, Schoeller D, Kushner RF (1996) Effect of skin temperature on multifrequency bioelectrical impedance analysis. *J Appl Physiol* 81: 838-845.

Gudivaka R, Schoeller DA, Kushner RF, Bolt MJG (1999) Single- and multifrequency models for bioelectrical impedance analysis of body water compartments. *J Appl Physiol* 87: 1087-1096.

Guo S, Roche AF, Chumlea CW, Miles DS, Pohlman RL (1987) Body composition predictions from bioelectric impedance. *Hum Biol* 59: 221-233.

Graham AC, Willett WC, Rotnitzky A, Manson AE (1995) Weight gain as a risk factor for clinical diabetes mellitus in women. *Ann Intern Med* 122: 481-486

Haapala I, Hirvonen A, Niskanen L, Uusitupa M, Kröger H, Alhava E, Nissinen A (2002) Anthropometry, bioelectrical impedance and dual-energy X-ray absorptiometry in the assessment of body composition in elderly Finnish women. *Clin Physiol Funct Imaging* 22: 383-391

Hansen RD, Raja C, Aslani A, Smith RC, Allen BJ (1999) Determination of skeletal muscle and fat-free mass by nuclear and dual-energy X-ray absorptiometry methods in men and women aged 51–84 years. *Am J Clin Nutr* 70: 228-233

Han TS, Abdelouahid T, Lean MEK (2011) Obesity and weight management in the elderly. *Br Med Bull* 97: 169-196.

Hoffer EC, Meador CK, Simpson DC (1969) Correlation of whole-body impedance with total body water volume. *J Appl Physiol* 27: 531-534.

Hologic (2004) Discovery. QDR Series. Hologic, Bedford.

Hologic (2005) Discovery and Explorer. QDR Series. Hologic, Bedford.

- Hortobágyi T, Zheng D, Weidner M, Lambert N J, Westbrook S, Houmard J A (1995) The influence of aging on muscle strength and muscle fiber characteristics with special reference to eccentric strength. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 50: B399-B406
- Janssen I, Heymsfield SB, Baumgartner RN, Ross R (2000) Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. *J Appl Physiol* 89: 465-471.
- Knußmann R (1988) Somatometrie. In: Knußmann R (Hrsg.) *Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen. Band I: Wesen und Methoden der Anthropologie. 1. Teil: Wissenschaftstheorie, Geschichte, morphologische Methoden.* Fischer, Stuttgart, New York, 232-285.
- Kories R und Schmidt-Walter H (2008) Wechselstrom. In: Kories R und Schmidt-Walter H. *Taschenbuch der Elektrotechnik. 8. erweiterte Auflage.* Wissenschaftlicher Verlag Harri Deutsch, Frankfurt am Main, 105-175.
- Kotani K, Tokunaga K, Fujioka S, Kobatake T, Keno Y, Yoshida S, Shimomura I, Tarui S, Matsuzawa Y (1994) Sexual dimorphism of age-related changes in whole-body fat distribution in the obese. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 18: 207-212.
- Kriemler S, Puder J, Zahner L, Roth R, Braun-Fahrlander C, Bedogni G (2009) Cross-validation of bioelectrical impedance analysis for the assessment of body composition in a representative sample of 6- to 13-year-old children. *Eur J Clin Nutr* 63:619-626
- Kyle U, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, Lilienthal Heitmann B, Kent-Smith L, Melchior JC, Pirlich M, Scharfetter H, Schols AMWJ, Pichard C (2004) Bioelectrical impedance analysis—part II: utilization in clinical practice. *Clin Nutr* 23: 1430-1453.
- Kytir J (2005) Demographische Prognosen über die voraussichtliche Altersverteilung der nächsten Jahre. In: Likar R, Bernatzky G, Pipam W, Janig H, Sadjak A (Hg) *Lebensqualität im Alter. Therapie und Prophylaxe von Altersleiden.* Springer-Verlag, Wien, 17-20.
- Lexell J, Taylor CC, Sjöström M (1988) What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 84 year old men. *J Neurol Sci.* 84: 275-294

- Locatelli F, Fouque D, Heimbuerger O, Drüeke TB, Cannata-Andía JB, Hörl WH, Ritz E (2002) Nutritional status in dialysis patients: a European consensus. *Nephrol Dial Transplant* 17: 563-572.
- Lukaski HC, Johnson PE, Bolonchuk WW, Lykken GI (1985) Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *Am J Clin Nutr* 41: 810-817.
- Malavolti M, Mussi C, Poli M, Fantuzzi AL, Salvioli G, Battistini N, Bedogni G (2003) Cross-calibration of eight-polar bioelectrical impedance analysis versus dual-energy X-ray absorptiometry for the assessment of total and appendicular body composition in healthy subjects aged 21-82 years. *Ann Hum Biol* 30:380-391.
- Moulias R, Meaume S, Raynaud-Simon A (1999) Sarcopenia, hypermetabolism, and aging. *Z Gerontol Geriat* 32: 425-342.
- Müller MJ, Westenhöfer J, Bosy-Westphal A, Löser C, Selberg O (2007) Ernährungsmedizinische Untersuchungen. In: Müller (Hg) Ernährungsmedizinische Praxis. Methoden – Prävention – Behandlung. 2. vollständig neu bearbeitete Auflage. Springer Verlag, Heidelberg, S. 1-195.
- National Institute of Health (NIH) (1996) National Institute of Health consensus statement. Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement. National Institute of Health technology assessment conference statement. Dec 12-14, 1994. *Am J Clin Nutr.*; 64(suppl): 524S-532S.
- Neovius M, Hemmingsson E, Freyschuss B, Uddén J (2006) Bioelectrical impedance underestimates total and truncal fatness in abdominally obese women. *Obesity* 14:1731-1738
- Núñez C, Gallagher D, Visser M, Pi-Sunyer FX, Wang Z, Heymsfield SB (1997) Bioimpedance analysis: evaluation of leg-to-leg system based on pressure contact foot-pad electrodes. *Med Sci Sports Exerc* 29: 524-531.
- Nyboer J, Kreider MM, Hannapel L (1950) Electrical Impedance Plethysmography: A Physical and Physiologic Approach to Peripheral Vascular Study. *Circulation* 2: 811-821.
- Organ LW, Bradham GB, Gore DT, Lozier SL (1994) Segmental bioelectrical impedance analysis: theory and application of a new technique. *J Appl Physiol* 77: 98-112.

- Patterson R (1989) Body fluid determinations using multiple impedance measurements. *IEEE Eng Med Biol Mag* 8: 16-18.
- Pethig R (1979) Dielectric and electronic properties of biological materials. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, New York, Brisbane, Toronto.
- Pethig R (1987) Dielectric properties of body tissues. *Clin Phys Physiol Meas* 8 Suppl A: 5-12.
- Pieper U, Jürgens HW (1992) Grundlagen und Methoden der Kraftmessung. In: Knußmann R (Hrsg.) *Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen. Band I: Wesen und Methoden der Anthropologie. 2. Teil: Physiologische, psychologische, genetische und mathematische Methoden*, S. 116-126.
- Pietrobelli A, Morini P, Battistini N, Chiumello G, Nuñez C, Heymsfield SB (1998) Appendicular skeletal muscle mass: prediction from multiple frequency segmental bioimpedance analysis. *Eur J Clin Nutr* 52: 507-511
- Pietrobelli A, Rubiano F, St-Onge M-P, Heymsfield SB (2004) New bioimpedance analysis system: improved phenotyping with whole-body analysis. *Eur J Clin Nutr* 58: 1479-1484
- Pirlich M, Schütz T, Spachos T, Ertl S, Weiß ML, Lochs H, Plauth M (2000) Bioelectrical impedance analysis is a useful bedside technique to assess malnutrition in cirrhotic patients with and without ascites. *Hepatology* 32: 1208-1215.
- Rance M, Morio B, Courteix D, Bedu M, van Praagh E, Duché P (2006) Lower-limb and whole-body tissue composition assessment in healthy active older women. *Ann Hum Biol* 33: 89-99.
- Reed RL, Pearlmutter L, Yochum K, Meredith KE, Mooradian AD (1991) The relationship between muscle mass and muscle strength in the elderly. *J Am Geriatr Soc* 39: 555-561
- Roos AN, Westendorp RGJ, Frölich M, Meinders AE (1992) Tetrapolar body impedance is influenced by body posture and plasma sodium concentration. *Eur J Clin Nutr* 46: 53-60.
- Rush EC, Crowley J, Freitas IF, Luke A (2006) Validity of Hand-to-Foot Measurement of Bioimpedance: Standing Compared with Lying Position. *Obesity* 14: 252-257.
- Rush S, Abildskov JA, McFee R (1963) Resistivity of body tissues at low frequencies. *Circ Res* 12: 40-50.

- Salinari S, Bertuzzi A, Mingrone G, Capristo A, Scarfone AV, Greco SB, Heymsfield (2003) Bioimpedance analysis: a useful technique for assessing appendicular lean soft tissue mass and distribution. *J Appl Physiol* 94: 1552-1556.
- Sato S, Demura S, Kitabayashi T, Noguchi T (2007) Segmental body composition assessment for obese Japanese adults by single-frequency bioelectrical impedance analysis with 8-point contact electrodes. *J Physiol Anthropol* 26: 533-540.
- Schoeller DA, van Santen E, Peterson DW, Dietz W, Jaspan J, Klein PD (1980) Total body water measurement in humans with ^{18}O and ^2H labeled water. *Am J Clin Nutr* 33: 2686-2693.
- Schultz AB (1995) Muscle function and mobility biomechanics in the elderly: an overview of some recent research. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 50 (Spec No): 60-63.
- Schwan HP, Kay CF (1957) The conductivity of living tissues. *Ann NY Acad Sci* 65: 1007-1013.
- Snead DB, Birge SJ, Kohrt WM (1993) Age related differences in body composition by hydrodensitometry and dual-energy X-ray absorptiometry. *J Appl Physiol* 74:770-775
- Sousa WdeO, Dantas BM, Lipsztein JL (2003) In vivo measurement technique of 40K as an indicator of the amount of skeletal muscle tissue in the human body. *Radiat Prot Dosimetry* 105: 487-490.
- Statistisches Bundesamt (Hrsg) (2009) Bevölkerung Deutschlands bis 2060. 12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung. Begleitmaterial zur Pressekonferenz am 18. November 2009 in Berlin, Wiesbaden.
- Tagliabue A, Andreoli A, Commelli M, Bertoli S, Testolin G, Oriani G, de Lorenzo A (2001) Prediction of lean body mass from multifrequency segmental impedance: influence of adiposity. *Acta Diabetol* 38:93-97
- Tan YX, Nuñez C, Sun Y, Zhang K, Wang Z, Heymsfield SB (1997) New electrode system for rapid whole-body and segmental bioimpedance assessment. *Med Sci Sports Exerc* 29: 1269-1273.
- Tattersall J (2009) Bioimpedance analysis in dialysis: state of the art and what we can expect. *Blood Purif* 27: 70-74.

- Tesch-Römer C, Wurm S (2009) Wer sind die Alten? Theoretische Positionen zum Alter und Altern. Theoretische Positionen zu Gesundheit und Alter. In: Böhm K, Tesch-Römer C, Ziese T (Hrsg) Beiträge zur Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Gesundheit und Krankheit im Alter. Robert Koch Institut, Berlin: S. 7-20.
- Thomas BJ, Cornish BH, Ward LC, Patterson MA (1998) A comparison of segmental and wrist-to-ankle Methodologies of bioimpedance analysis. *Appl Radiat Isot* 49: 477-478.
- Thomasset MA (1962) Propriétés bio-électriques des tissus Mesures de l'impédance en clinique signification des courbes obtenues. *Lyon Méd* 94: 107-118.
- Thomasset MA (1963) Propriétés bio-électriques des tissus. Appréciation par la mesure de l'impédance de la teneur ionique extra-cellulaire et de la teneur ionique intra-cellulaire en clinique. *Lyon Méd* 209: 1325-1352.
- Tipler PA (1994) Amperemeter, Voltmeter und Ohmmeter. In: Gerlich D und Jerke G (Hg) Physik. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin: S. 798-801.
- Voorrips LE, Ravelli CJ, Dongelmans PCA, Deurenberg P, van Staveren WA (1991) A physical activity questionnaire for the elderly. *Med Sci Sports Exerc* 23: 974-979.
- Woodrow G, Oldroyd B, Turney JH, Smith MA (1996) Segmental Bioelectrical impedance in patients with chronic renal failure. *Clin Nutr* 15: 275-279.
- World Health Organization (2000) Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation. WHO Technical Report Series 894. Geneva: World Health Organization.
- Wolfson L, Judge J, Whipple R, King M (1995) Strength is a major factor in balance, gait, and the occurrence of falls. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 50 (Spec No): 64-67.
- Wu CH, Heshka S, Wang J, Pierson NJ, Heymsfield SB, Laferrère B, Wang Z, Albu JB, Pi-Sunyer X, Gallagher D (2007) Truncal fat in relation to total body fat; influence of age, sex, ethnicity and fatness. *Int J Obes* 31:1384-1391
- Yamada Y, Masuo Y, Yokoyama K, Hashii Y, Ando S, Okayama Y, Morimoto K, Kimura M, Oda S (2009) Proximal electrode placement improves the estimation of body composition in obese and lean elderly during segmental bioelectrical impedance analysis. *Eur J Appl Physiol* 107: 135-144.

Zeyfang A (2008) Malnutrition. In: Zeyfang A, Hagg-Grün U, Nikolaus T (Hrsg) Basiswissen Medizin des Alterns und des alten Menschen. Springer Verlag, Heidelberg, 43-57.

Zhu F, Schneditz D, Wang E, Levin NW (1998) Dynamics of segmental extracellular volumes during changes in body position by impedance analysis. *J Appl Physiol*. 85: 497-504.

Zhu F, Schneditz D, Levin NW (1999) Sum of segmental bioimpedance analysis during ultrafiltration and hemodialysis reduces sensitivity to changes in body position. *Kidney Int* 56: 692-699.

Zhu F, MS, Hoenich NA, Kaysen G, Ronco C, Schneditz D, Murphy L, Santacroce S, Pangilinan A, Gotch A, Levin NW (2003) Measurement of Intraperitoneal Volume by Segmental Bioimpedance Analysis During Peritoneal Dialysis. *Am J Kidney Dis* 42: 167-172.

Zhu F, Kuhlmann MK, Kaysen GA, Sarkar S, Kaitwatcharachai C, Khilnani R, Stevens L, Leonard EF, Wang J, Heymsfield S, Levin NW (2006) Segment-specific resistivity improves body fluid volume estimates from bioimpedance spectroscopy in hemodialysis patients. *J Appl Physiol* 717-724.

Zillikens MC, van den Berg JWO, Wilson JHP, Swart GR (1992) Whole-body and segmental bioelectrical-impedance analysis in patients with cirrhosis of the liver: changes after treatment of ascites. *Am J Clin Nutr* 55: 621-625.

Elektronische Medien

Statistisches Bundesamt (2011) Bevölkerung nach Altersgruppen Deutschland. <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Statistiken/Zeitreihen/LangeReihen/Bevoelkerung/Content100/Irbev01ga,templateId=renderPrint.psml> (06.01.2011)

8 Anhang

A-1 Probandeninformation (verkleinert)

C	A	U	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel	Mathematisch- Naturwissenschaftliche Fakultät
----------	----------	----------	---	--

Zoologisches Institut - Abteilung Humanbiologie - Prof. Dr. Manuela Dittmar - Am Botanischen Garten 9 -
24118 Kiel - Tel.: 0431-880-4357

Probandeninformation

Proband(in)-Nr.: KM-.....

Ziel der Untersuchung:

Das Projekt befasst sich mit der „Untersuchung der segmentalen Körperzusammensetzung mittels Bioimpedanzanalyse und Doppelröntgenabsorptionsmessung“. Die Kompartimente des menschlichen Körpers (Körperwasser, Muskelmasse, Knochenmasse, Fettmasse, etc.) lassen sich mit verschiedenen Methoden bestimmen. Neben der Ganzkörperbestimmung ist eine segmentale Bestimmung von großem Interesse, d.h. die getrennte Untersuchung dieser Kompartimente in den Armen, Beinen und im Rumpf. Segmentale Messungen von Knochenmasse, Magermasse und Fettmasse sind bisher nur mittels aufwändiger Methoden (DEXA, MRI und CT) möglich. Diese Methoden sind teuer und können nur durch speziell geschultes Personal erfolgen. Im Gegensatz dazu ist die Bioimpedanzanalyse eine einfache, nicht-invasive, schnell durchführbare und kostengünstige Untersuchungsmethode, die an jedem Ort eingesetzt werden kann. Ziele dieser Studie sind deshalb, bei gesunden Probanden (1) die segmentale Bioimpedanzanalyse zu optimieren (u.a. Austestung verschiedener Messpunkte zur optimalen Platzierung der Messelektroden, Analyse verschiedener Einflussvariablen auf die Messergebnisse), (2) die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse bei der segmentalen Bioimpedanzmessungen zu untersuchen, (3) die segmentale Bioimpedanzanalyse im Vergleich zu einer Referenzmethode (Doppelröntgenabsorptionsmessung) auf ihre Genauigkeit hin zu überprüfen und neue Berechnungsformeln zu entwickeln und (4) festzustellen, ob es einen Zusammenhang gibt zwischen Knochenmineraldichte und der organischen Elementzusammensetzung der Fingernägel.

Durchführung der Untersuchung:

Die Untersuchung findet an einem Tag (im Falle einer Wiederholungsmessung an zwei Tagen) statt. Sie kommen in nüchternem Zustand in die Abteilung Humanbiologie des Zoologischen Instituts. Dort füllen Sie Fragebögen zu Ihrer körperlichen Aktivität und Ihrem Lebensstil aus. Anschließend werden Ihre Körperhöhe, Ihr Gewicht und weitere Maße bestimmt. Danach werden mittels segmentaler Bioimpedanzanalyse direkte und indirekte Messgrößen Ihrer Körperzusammensetzung untersucht. Außerdem werden Einflussgrößen auf die Bioimpedanzanalyse untersucht. Hierzu zählt u.a. eine Messung Ihrer Muskelspannung mittels sog. Elektromyographie. Außerdem werden bei Ihnen Proben Ihrer Finger(Fuß)-Nägel gesammelt. Diese Untersuchungen dauern zusammen max. 60-120 Minuten. Sind Sie 60 Jahre und älter, so wird bei Ihnen anschließend in der Klinik für Diagnostische Radiologie nochmals eine segmentale Bestimmung der Körperzusammensetzung durchgeführt, dieses Mal mittels Doppelröntgenabsorptionsmessung (DEXA). Diese Untersuchung dauert ca. 15 Minuten. Die Strahlendosis einer DEXA-Messung ist gering und beträgt nur 1µSv. Zum Vergleich: die Strahlendosis einer Röntgenaufnahme der Lunge beträgt 50 µSv; die Strahlendosis eines vierwöchigen Urlaubs in 2000 m Höhe beträgt ebenfalls 50 µSv; die Strahlendosis eines Fluges von München nach New York und zurück beträgt 80 µSv. Ihre Teilnahme an der Untersuchung ist freiwillig. Ihr Einverständnis können Sie jederzeit auch ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile zu erwarten zurücknehmen. Hinsichtlich des Versicherungsschutzes werden Sie vorsorglich darauf hingewiesen, dass Sie für Gesundheitsschäden oder sonstige Beeinträchtigungen, die Ihnen im Zusammenhang mit der Teilnahme an dieser Untersuchung entstehen, ohne dass ein Mitglied des Forscherteams ein schuldhaftes Fehlverhalten trifft, z.B. für Wegeunfälle, nicht versichert sind.

Datenschutz: Die Auswertung Ihrer Daten erfolgt anonymisiert (d.h. ohne Namensnennung) in der Abteilung für Humanbiologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Nach der Auswertung der Ergebnisse werden Ihnen Ihre Befunde auf Wunsch mitgeteilt. Ihre Daten aus dieser Untersuchung werden vertraulich behandelt und unterliegen den datenschutzrechtlichen Bestimmungen. Ihre Daten werden ausschließlich in der Abteilung Humanbiologie der Christian-Albrechts-Universität gespeichert. Ihre Angaben werden so gespeichert und aufbereitet, dass kein Rückschluss auf Ihre Person möglich ist. Die Daten werden ausschließlich unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten ausgewertet. Die Speicherung, Dokumentation, wissenschaftliche Auswertung und ggf. Publikation erfolgen ausschließlich in anonymisierter Form. Alle Personen, die Zugang zu den Daten haben, sind der Wahrung des Datengeheimnisses verpflichtet.

(Prof. Dr. M. Dittmar)

(Datum)

Bei Durchführung einer DEXA-Messung:

(Prof. Dr. med. M. Heller)
Klinik für Diagnostische Radiologie

(Datum)

(Unterschrift Proband)

(Datum)

A-2 Einverständniserklärung (verkleinert)

Zoologisches Institut - Abteilung Humanbiologie - Prof. Dr. Manuela Dittmar - Am Botanischen Garten 9 -
24118 Kiel - Tel.: 0431-880-4357

Proband(in)-Nr.: KM-.....

Einverständniserklärung (gesunde Probanden)

Name, Vorname des Probanden _____

Geburtsdatum: _____

Adresse: _____

Telefon-Nr.: _____

Handy-Nr.: _____

E-Mail-Adresse: _____

Hiermit erkläre ich mich mit der Teilnahme an der Untersuchung einverstanden.

Ich bin darüber informiert, dass ich jederzeit auch ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile mein Einverständnis zurücknehmen und von der Untersuchung zurücktreten kann.

Ich bin damit einverstanden, dass meine personenbezogenen, für die wissenschaftliche Erforschung notwendigen Daten gesammelt und gespeichert werden. Ich wurde informiert, dass meine Daten ausschließlich in der Abteilung Humanbiologie der Christian-Albrechts-Universität gespeichert werden. Ich habe Anspruch auf Information über Ziel, Zweck und Verbleib dieser Datensammlung. Die Verarbeitung dieser Daten dient der Forschung.

Alle Personen, die Zugang zu den Daten haben, sind der Wahrung des Datengeheimnisses verpflichtet. Publikationen erfolgen nur anonymisiert. Hinsichtlich des Versicherungsschutzes bin ich vorsorglich darauf hingewiesen worden, dass für Gesundheitsschäden oder sonstige Beeinträchtigungen, die bei mir im Zusammenhang mit der Teilnahme an dieser Untersuchung auftreten, ohne dass den Wissenschaftlern oder seinen Mitarbeiter ein schuldhaftes Fehlverhalten trifft, z. B. auch für Wegeunfälle, nicht versichert bin.

Ich bestätige, dass ich ausführliche Informationen erhalten habe und meine Fragen ausreichend beantwortet wurden. Eine Kopie der Probandeninformation habe ich erhalten. Ich trage keinen Herzschrittmacher. Ich habe zu der Untersuchung keinerlei weitere Fragen und mein Einverständnis bedarf keiner weiteren Bedenkzeit.

Proband:

(Unterschrift)

Datum: __ / __ / 200

Prof. Dr. Dittmar:

(Unterschrift)

Datum: __ / __ / 200

A-3 Fragebogen Allgemeine Angaben (verkleinert)

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin-bottom: 10px;"> Fragebogen – Allgemeine Angaben </div> <p>Datum:...../...../ 2009</p> <p>Geschlecht: 1 <input type="radio"/> männlich 2 <input type="radio"/> weiblich</p> <hr/> <p>1. Wie ist Ihr Familienstand?</p> <p>1 <input type="radio"/> ledig 2 <input type="radio"/> zusammenlebend/ verheiratet 3 <input type="radio"/> verwitwet/ geschieden/ getrennt lebend</p> <p>2. Welchen Beruf üben Sie momentan aus?</p> <p>7 <input type="radio"/> Ruheständler/in 2 <input type="radio"/> Hausfrau/mann 3 <input type="radio"/> Angestellte/r</p> <p>4 <input type="radio"/> Arbeiter/in 5 <input type="radio"/> Beamte/r 6 <input type="radio"/> Selbständige/r</p> <p>Bitte zur Zeit ausgeübten Beruf notieren (sofern Sie noch erwerbstätig sind):</p> <p>.....</p> <p>3. Welchen Beruf haben Sie <u>vor</u> Ihrem Ruhestand hauptsächlich ausgeübt? (bitte notieren)</p> <p>.....</p> <p>Diesen Beruf haben Sie ca. Jahre lang ausgeübt.</p> <p>4. Wie beurteilen Sie Ihren Gesundheitszustand im Vergleich zu Ihren Altersgenossen?</p> <p>1 <input type="radio"/> schlecht 2 <input type="radio"/> mittel 3 <input type="radio"/> gut 4 <input type="radio"/> sehr gut 5 <input type="radio"/> ausgezeichnet</p> <p>5. Rauchen Sie?</p> <p>0 <input type="radio"/> nein 1 <input type="radio"/> ja Zigaretten (Zigarren) /Tag seit Jahren</p> <p>6. Wieviel Flüssigkeit trinken Sie pro Tag?</p> <p>..... Liter/Tag</p> <p>7. Wie viel Kaffee, schwarzen oder grünen Tee trinken Sie?</p> <p>durchschnittlich Tassen/Woche</p> <p>8. Wie viel Alkohol trinken Sie?</p> <p>durchschnittlich Gläser/Woche</p> <p>9. Welche Medikamente nehmen Sie momentan ein? → bitte Beipackzettel mitbringen</p> <p>0 <input type="radio"/> ich nehme kein Medikament ein</p> <p>1 <input type="radio"/> ich nehme Medikament(e) ein</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <th style="text-align: left; border-bottom: 1px dotted black;">Name des Medikaments?</th> <th style="text-align: left; border-bottom: 1px dotted black;">Wogegen nehmen Sie das Medikament ein?</th> </tr> <tr><td>.....</td><td>.....</td></tr> <tr><td>.....</td><td>.....</td></tr> <tr><td>.....</td><td>.....</td></tr> <tr><td>.....</td><td>.....</td></tr> <tr><td>.....</td><td>.....</td></tr> </table>	Name des Medikaments?	Wogegen nehmen Sie das Medikament ein?	<p>Proband/in Nr. KM-</p>
Name des Medikaments?	Wogegen nehmen Sie das Medikament ein?												
.....												
.....												
.....												
.....												
.....												

1

10. Wurde eine der folgenden **Krankheiten** bei Ihnen vom Arzt diagnostiziert? (*bitte ankreuzen*)

Angina pectoris	0 <input type="radio"/> nein	1 <input type="radio"/> ja
Koronare Herzerkrankung	0 <input type="radio"/> nein	1 <input type="radio"/> ja
Andere Herzerkrankung	0 <input type="radio"/> nein	1 <input type="radio"/> ja
Periphere arterielle Verschlusskrankheit	0 <input type="radio"/> nein	1 <input type="radio"/> ja
Bluthochdruck	0 <input type="radio"/> nein	1 <input type="radio"/> ja
Diabetes	0 <input type="radio"/> nein	1 <input type="radio"/> ja
Arthrose	0 <input type="radio"/> nein	1 <input type="radio"/> ja
Arthritis	0 <input type="radio"/> nein	1 <input type="radio"/> ja
Gicht	0 <input type="radio"/> nein	1 <input type="radio"/> ja
Krebs	0 <input type="radio"/> nein	1 <input type="radio"/> ja
Chronisch-obstruktive Lungenkrankheit	0 <input type="radio"/> nein	1 <input type="radio"/> ja
Asthma	0 <input type="radio"/> nein	1 <input type="radio"/> ja
Bronchitis	0 <input type="radio"/> nein	1 <input type="radio"/> ja
Osteoporose	0 <input type="radio"/> nein	1 <input type="radio"/> ja
Morbus Cushing (zu viel Cortisol)	0 <input type="radio"/> nein	1 <input type="radio"/> ja
Morbus Addison (zu wenig Cortisol)	0 <input type="radio"/> nein	1 <input type="radio"/> ja

11. Welche weiteren akuten oder chronischen **Krankheiten** haben Sie momentan? (*bitte notieren*)

.....

12. Welche **Knochenbrüche** hatten Sie in Ihrem bisherigen Leben? (*bitte ankreuzen*):

Oberarm rechts	0 <input type="radio"/> nein	1 <input type="radio"/> ja	das war vor etwa Jahren
Oberarm links	0 <input type="radio"/> nein	1 <input type="radio"/> ja	das war vor etwa Jahren
Unterarm rechts	0 <input type="radio"/> nein	1 <input type="radio"/> ja	das war vor etwa Jahren
Unterarm links	0 <input type="radio"/> nein	1 <input type="radio"/> ja	das war vor etwa Jahren
Handgelenk rechts	0 <input type="radio"/> nein	1 <input type="radio"/> ja	das war vor etwa Jahren
Handgelenk links	0 <input type="radio"/> nein	1 <input type="radio"/> ja	das war vor etwa Jahren
Oberschenkel rechts	0 <input type="radio"/> nein	1 <input type="radio"/> ja	das war vor etwa Jahren
Oberschenkel links	0 <input type="radio"/> nein	1 <input type="radio"/> ja	das war vor etwa Jahren
Unterschenkel rechts	0 <input type="radio"/> nein	1 <input type="radio"/> ja	das war vor etwa Jahren
Unterschenkel links	0 <input type="radio"/> nein	1 <input type="radio"/> ja	das war vor etwa Jahren
Fußknöchel rechts	0 <input type="radio"/> nein	1 <input type="radio"/> ja	das war vor etwa Jahren
Fußknöchel links	0 <input type="radio"/> nein	1 <input type="radio"/> ja	das war vor etwa Jahren

Sonstigen Bruch (*bitte notieren*):

13. Für Frauen: erhalten Sie momentan eine **Hormonersatztherapie**?

0 ☐ nein 1 ☐ ja

Wenn ja, in welcher Form erhalten Sie diese?

1 ☐ Tabletten zur Einnahme 2 ☐ Pflaster 3 ☐ Lokale Salbe 4 ☐ Monatsspritze

5 ☐ andere Form (*bitte notieren*):

Wenn ja, seit wie vielen Jahren erhalten Sie die Hormonersatztherapie? (*bitte notieren*)

seitJahren

14. Für Frauen: wann hatten Sie Ihre **erste** Menstruation?

mitJahren

15. Für Frauen: wann hatten Sie Ihre **letzte** Menstruation?

mitJahren

A-4 Freiburger Fragebogen - Kurzform (verkleinert)

Freiburger Fragebogen zur körperlichen Aktivität - <u>Kurzform</u>			
Proband/in Nr.: KM-.....			
Datum:			
1) Sind Sie berufstätig (auch Hausfrau) oder in Ausbildung? <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <input type="checkbox"/> nein </div> <div> <input type="checkbox"/> ja Ihre berufliche Tätigkeit beinhaltet hauptsächlich: <input type="checkbox"/> sitzende Tätigkeiten (z.B.: Büro, Student...) <input type="checkbox"/> mäßige Bewegung (z.B.: Handwerker, Hausmeister, Hausfrau...) <input type="checkbox"/> intensive Bewegung (z.B.: Postzusteller, Wald- und Bauarbeiter...) </div> </div>			
2 Waren Sie in der <u>letzten Woche</u> zu Fuß unterwegs, a) ... auf dem Weg zur Arbeit oder zum Einkaufen usw.? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Wenn ja, wie lange sind Sie dabei gegangen? <u>insgesamt</u> Minuten/Stunden b) ... zum Spaziergehen? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Wenn ja, wie lange waren Sie <u>letzte Woche</u> spazieren? <u>insgesamt</u> Minuten/Stunden			
3 Sind Sie in der <u>letzten Woche</u> Fahrrad gefahren, a) ... zur Arbeit oder zum Einkaufen usw.? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Wenn ja, wie lange sind Sie dabei geradelt? <u>insgesamt</u> Minuten/Stunden b) ... auf dem Heimtrainer bzw. auf Radtouren? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Wenn ja, wie lange sind Sie dabei geradelt? <u>insgesamt</u> Minuten/Stunden <div style="text-align: right;">..... Watt</div>			
4) Haben Sie einen Garten? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Wenn ja, wieviel <u>Stunden</u> haben Sie <u>letzte Woche</u> in Ihrem Garten verbracht? <u>Stunden pro Woche.</u> Davon waren <u>Stunden Gartenarbeit</u> und <u>Stunden Ruhe und Erholung</u>			
5) Steigen Sie regelmäßig Treppen? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja, Stockwerke, mal am Tag			
6) Sind Sie im <u>letzten Monat</u> geschwommen? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja, ca. Stunden im Monat (reine Schwimmzeit)			
7) Haben Sie im <u>letzten Monat</u> Sport betrieben? (z.B.: Jogging, Fußball, Handball, Federball, Squash, Gymnastik, Tennis, Tischtennis) <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja wenn ja, welchen Sport <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> Beispiel: 1... Dauerlauf..... ca.30... Minuten/Stunden pro Woche/Monat 2... Federball..... ..2... Minuten/Stunden pro Woche/Monat </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>1.</div> <div>ca.</div> <div>Minuten/Stunden pro Woche/Monat</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>2.</div> <div>.....</div> <div>Minuten/Stunden pro Woche/Monat</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>3.</div> <div>.....</div> <div>Minuten/Stunden pro Woche/Monat</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>4.</div> <div>.....</div> <div>Minuten/Stunden pro Woche/Monat</div> </div>			
8) Gehen Sie zu Tanzveranstaltungen und/oder kegeln Sie? Tanzen: <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> jamal / Monat je: Stunden Kegeln: <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> jamal / Monat je: Stunden			
<i>Vielen Dank</i>			

A-5 Fragebogen zur körperlichen Aktivität nach Voorrips et al. (1991)
(verkleinert)

KÖRPERLICHE AKTIVITÄTEN : Fragebogen		
Probanden-Nr.	KM-.....	Alter Geschlecht <small>1 = männlich, 2 = weiblich</small>
Datum	
AKTIVITÄTEN IM HAUSHALT (Zutreffendes bitte ankreuzen)		
S1. Machen Sie leichte Hausarbeit (Staubwischen, Geschirrspülen, Kleidung ausbessern, usw.)?		
0 <input type="radio"/>	Nie	(seltener als ein Mal im Monat)
1 <input type="checkbox"/>	Manchmal	(nur, wenn der Partner oder eine andere Hilfe nicht verfügbar ist)
2 <input type="radio"/>	Meist	(manchmal dabei durch Partner oder andere Hilfe unterstützt)
3 <input type="checkbox"/>	Immer	(alleine oder zusammen mit dem Partner)
S2. Machen Sie schwere Hausarbeit (Fußboden wischen, Fenster putzen, Müll wegtragen, usw.)?		
0 <input type="radio"/>	Nie	(seltener als ein Mal im Monat)
1 <input type="checkbox"/>	Manchmal	(nur, wenn der Partner oder eine andere Hilfe nicht verfügbar ist)
2 <input type="radio"/>	Meist	(manchmal dabei durch Partner oder andere Hilfe unterstützt)
3 <input type="checkbox"/>	Immer	(alleine oder zusammen mit dem Partner)
S3. Für wie viele Personen führen Sie den Haushalt (zählen Sie sich bitte dazu)?		
..... Personen		
S4. Wie viele Räume halten Sie sauber (einschließlich Küche, Schlafzimmer, Bad, Keller, Dachboden, Garage, usw.)?		
0 <input type="radio"/>	Ich mache keine Hausarbeit	
1 <input type="checkbox"/>	1-6 Räume	
2 <input type="radio"/>	7-9 Räume	
3 <input type="checkbox"/>	10 und mehr Räume	
S5. Falls Sie Räume sauberhalten: über wie viele Stockwerke erstrecken sich die Räume?		
..... Stockwerke		
S6. Kochen Sie warme Mahlzeiten selber oder helfen Sie beim Kochen?		
0 <input type="radio"/>	Nie	(seltener als ein Mal im Monat)
1 <input type="checkbox"/>	Manchmal	(1-2 Mal pro Woche)
2 <input type="radio"/>	Meist	(3-5 Mal pro Woche)
3 <input type="checkbox"/>	Immer	(mehr als 5 Mal pro Woche)
S7. Wie viele Treppen steigen Sie pro Tag hinauf? (Eine „Treppe“ sind 10 Stufen)		
0 <input type="radio"/>	Ich steige nie Treppen hinauf	
1 <input type="checkbox"/>	1-5 Treppen	
2 <input type="radio"/>	6-10 Treppen	
3 <input type="checkbox"/>	über 10 Treppen	

S8. Wenn Sie in die Stadt gehen (außer Einkaufen), welche Transportmöglichkeiten nutzen Sie?

- 0 ☐ Ich verlasse nie das Haus
 1 ☐ Auto
 2 ☐ Öffentliches Verkehrsmittel (Bus, Straßenbahn usw.)
 3 ☐ Fahrrad
 4 ☐ Ich gehe zu Fuß

S9. Wie oft verlassen Sie das Haus zum Einkaufen?

- 0 ☐ Nie oder seltener als ein Mal pro Woche
 1 ☐ 1 Mal pro Woche
 2 ☐ 2-4 Mal pro Woche
 3 ☐ Täglich

S10. Wenn Sie zum Einkaufen gehen: welche Transportmöglichkeiten nutzen Sie?

- 0 ☐ Ich gehe nie zum Einkaufen
 1 ☐ Auto
 2 ☐ Öffentliches Verkehrsmittel (Bus, Straßenbahn usw.)
 3 ☐ Fahrrad
 4 ☐ Ich gehe zu Fuß

SPORTLICHE AKTIVITÄTEN

Treiben Sie Sport? (z.B. Gymnastik, Wandern, Schwimmen, Tanzen, Kegeln)

Sport 1:	Sportart: (<i>bitte notieren</i>)	
	Intensität:	1a
	Stunden pro Woche:	1b
	Monate im Jahr:	1c
Sport 2:	Sportart: (<i>bitte notieren</i>)	
	Intensität:	1a
	Stunden pro Woche:	1b
	Monate im Jahr:	1c
Sport 3:	Sportart: (<i>bitte notieren</i>)	
	Intensität:	1a
	Stunden pro Woche:	1b
	Monate im Jahr:	1c
Sport 4:	Sportart: (<i>bitte notieren</i>)	
	Intensität:	1a
	Stunden pro Woche:	1b
	Monate im Jahr:	1c

FREIZEIT-AKTIVITÄTEN

Führen Sie noch andere körperliche Aktivitäten durch? (z.B. Gartenarbeit, Rasenmähen, Handwerken, Reparaturen am Haus)

Aktivität 1:	Art der Aktivität: (<i>bitte notieren</i>)	
	Intensität:	1a
	Stunden pro Woche:	1b
	Monate im Jahr:	1c
Aktivität 2:	Art der Aktivität: (<i>bitte notieren</i>)	
	Intensität:	1a
	Stunden pro Woche:	1b
	Monate im Jahr:	1c
Aktivität 3:	Art der Aktivität: (<i>bitte notieren</i>)	
	Intensität:	1a
	Stunden pro Woche:	1b
	Monate im Jahr:	1c
Aktivität 4:	Art der Aktivität: (<i>bitte notieren</i>)	
	Intensität:	1a
	Stunden pro Woche:	1b
	Monate im Jahr:	1c
Aktivität 5:	Art der Aktivität: (<i>bitte notieren</i>)	
	Intensität:	1a
	Stunden pro Woche:	1b
	Monate im Jahr:	1c
Aktivität 6:	Art der Aktivität: (<i>bitte notieren</i>)	
	Intensität:	1a
	Stunden pro Woche:	1b
	Monate im Jahr:	1c

KÖRPERLICHE AKTIVITÄTS-ANALYSE

Probanden-Nr. Alter
 Anonymisierter Name Geschlecht
 Datum 1 = männlich, 2 = weiblich

Erhebungsinstrument: „Physical activity questionnaire for the elderly“ nach Voorrips et al. (1991).

Referenz: Voorrips LE, et al. (1991) A physical activity questionnaire for the elderly. Medicine and Science in Sports and Exercise. 23:974-979.

Auswertung: s. Referenz:

Haushalts-Aktivitäts-Punkte: $(S1+S2+S3+S4+S5+S6+S7+S8+S9+S10) / 10 =$

Sport-Aktivitäts-Punkte: $\sum_{i=1}^4 (ia * ib * ic) =$

Freizeit-Aktivitäts-Punkte: $\sum_{j=1}^6 (ja * jb * jc) =$

Gesamt-Punkte: Haushaltspunkte + Sportpunkte + Freizeitpunkte =

Gesamtbefund: 1 = geringe körperliche Aktivität
 2 = mittlere körperliche Aktivität
 3 = hohe körperliche Aktivität

A-6 Datenbogen (verkleinert)

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> Datenbogen </div> <p>Geschlecht: 1 <input type="radio"/> männlich 2 <input type="radio"/> weiblich</p> <p>Geburtsdatum: Alter: Jahre</p>	<p>Proband/in Nr. KM-.....</p> <p>Datum:...../...../ 2009</p>																																																	
<p><u>Anthropometrie</u> (Martin-Nr. in eckigen Klammern)</p> <p>► <i>vorher: Schuhe ausziehen, schwere Kleidung ausziehen, Taschen entleeren (Geldbörse, Schlüssel etc.)</i></p> <p>Messen (auf 0,1 cm genau):</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td>Körpergewicht: kg <i>(kein Abzug f. Kleidung !)</i></td> <td>Körperhöhe [1]: cm</td> </tr> <tr> <td>Schulterhöhe [8]: rechts cm</td> <td>links cm</td> </tr> <tr> <td>Beinlänge [53]: rechts cm</td> <td>links cm</td> </tr> <tr> <td>Direkte Armlänge [45]: rechts cm</td> <td>links cm</td> </tr> <tr> <td>Sitzhöhe [23]: cm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Brustumfang [61]: cm</td> <td>Taillenumfang [62]: cm</td> </tr> <tr> <td>Bauchumfang [62(1); Bauchnabel] cm</td> <td>Hüftumfang [64(1); Gesäß]: cm</td> </tr> <tr> <td>Midarmumfang: rechts cm</td> <td>links cm <small>s. Chumlea 1988/7, Organ 1994/98</small></td> </tr> <tr> <td>Größter Unterarmumfang [66]: rechts cm</td> <td>links cm</td> </tr> <tr> <td>Gr. Oberschenkelumfang [68]: rechts cm</td> <td>links cm</td> </tr> <tr> <td>Gr. Wadenumfang [69]: rechts cm</td> <td>links cm</td> </tr> <tr> <td>Ellenbogenbreite [52(3)]: rechts cm</td> <td>links cm</td> </tr> <tr> <td>Radioulnarbreite [52(4)]: rechts cm</td> <td>links cm</td> </tr> <tr> <td>Epikondylenbreite Femur [59d]: rechts cm</td> <td>links cm „Kniebreite“</td> </tr> <tr> <td>Bimalleolarbreite [59e]: rechts cm</td> <td>links cm „Fußgelenkbreite“</td> </tr> </table> <p><small>Mit SPSS berechnen: Rumpflänge (cm) = Schulterhöhe (cm); Mittel aus re u. li) [8] – Beinlänge (cm) [53(4)]</small></p>		Körpergewicht: kg <i>(kein Abzug f. Kleidung !)</i>	Körperhöhe [1]: cm	Schulterhöhe [8]: rechts cm	links cm	Beinlänge [53]: rechts cm	links cm	Direkte Armlänge [45]: rechts cm	links cm	Sitzhöhe [23]: cm		Brustumfang [61]: cm	Taillenumfang [62]: cm	Bauchumfang [62(1); Bauchnabel] cm	Hüftumfang [64(1); Gesäß]: cm	Midarmumfang: rechts cm	links cm <small>s. Chumlea 1988/7, Organ 1994/98</small>	Größter Unterarmumfang [66]: rechts cm	links cm	Gr. Oberschenkelumfang [68]: rechts cm	links cm	Gr. Wadenumfang [69]: rechts cm	links cm	Ellenbogenbreite [52(3)]: rechts cm	links cm	Radioulnarbreite [52(4)]: rechts cm	links cm	Epikondylenbreite Femur [59d]: rechts cm	links cm „Kniebreite“	Bimalleolarbreite [59e]: rechts cm	links cm „Fußgelenkbreite“																			
Körpergewicht: kg <i>(kein Abzug f. Kleidung !)</i>	Körperhöhe [1]: cm																																																	
Schulterhöhe [8]: rechts cm	links cm																																																	
Beinlänge [53]: rechts cm	links cm																																																	
Direkte Armlänge [45]: rechts cm	links cm																																																	
Sitzhöhe [23]: cm																																																		
Brustumfang [61]: cm	Taillenumfang [62]: cm																																																	
Bauchumfang [62(1); Bauchnabel] cm	Hüftumfang [64(1); Gesäß]: cm																																																	
Midarmumfang: rechts cm	links cm <small>s. Chumlea 1988/7, Organ 1994/98</small>																																																	
Größter Unterarmumfang [66]: rechts cm	links cm																																																	
Gr. Oberschenkelumfang [68]: rechts cm	links cm																																																	
Gr. Wadenumfang [69]: rechts cm	links cm																																																	
Ellenbogenbreite [52(3)]: rechts cm	links cm																																																	
Radioulnarbreite [52(4)]: rechts cm	links cm																																																	
Epikondylenbreite Femur [59d]: rechts cm	links cm „Kniebreite“																																																	
Bimalleolarbreite [59e]: rechts cm	links cm „Fußgelenkbreite“																																																	
<p>Händigkeit: 1 <input type="radio"/> rechtshändig 2 <input type="radio"/> linkshändig</p> <p>Handkraft: Max. Handkraft (Vigorimeter): <u>rechts:</u> 1. Versuch kPa 2. Versuch kPa</p> <p style="padding-left: 150px;"><u>links:</u> 1. Versuch kPa 2. Versuch kPa</p> <p>Fingernagelprobe: 1 <input type="radio"/> Zeigefinger rechts 2 <input type="radio"/> Zeigefinger links</p> <p>DEXA: 0 <input type="radio"/> nein 1 <input type="radio"/> ja</p> <p>EMG: Ruhetonus Unterschenkel <u>rechts:</u> stehend: (mV) liegend: (mV)</p>																																																		
<p><u>Bioimpedanzanalyse (Tanita, BC-418):</u> <u>Beginn (Uhrzeit):</u></p> <p>► <i>vor Messung Blase entleeren</i></p> <p>► <i>kein Gewicht für Kleidung abziehen !</i></p> <p>Modus 1 <input type="radio"/> Standard 2 <input type="radio"/> Athlet</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Ganzer Körper</th> <th>Rechtes Bein</th> <th>Linkes Bein</th> <th>Rechter Arm</th> <th>Linker Arm</th> <th>Rumpf</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Resistanz bei 50 kHz („Impedanz“)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>.....</td> </tr> <tr> <td>Fettmasse (FM) (%)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FM (kg)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fettfreie Masse (FFM) (kg)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Muskelmasse (kg)</td> <td>.....</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Körperwasser (kg)</td> <td></td> <td>.....</td> <td>.....</td> <td>.....</td> <td>.....</td> <td>.....</td> </tr> </tbody> </table> <p>Grundumsatz: (kcal)</p>			Ganzer Körper	Rechtes Bein	Linkes Bein	Rechter Arm	Linker Arm	Rumpf	Resistanz bei 50 kHz („Impedanz“)						Fettmasse (FM) (%)							FM (kg)							Fettfreie Masse (FFM) (kg)							Muskelmasse (kg)						Körperwasser (kg)	
	Ganzer Körper	Rechtes Bein	Linkes Bein	Rechter Arm	Linker Arm	Rumpf																																												
Resistanz bei 50 kHz („Impedanz“)																																																	
Fettmasse (FM) (%)																																																		
FM (kg)																																																		
Fettfreie Masse (FFM) (kg)																																																		
Muskelmasse (kg)																																																	
Körperwasser (kg)																																													

Bioimpedanzanalyse (Data Input):

- ▶ vor Messung Blase entleeren
- ▶ kein Gewicht für Kleidung abziehen !

1. Meth. mit Vorschaltgerät - stehend**Beginn (Uhrzeit):**

Abstand Beine: ca 25 cm; Arme entspannt seitlich vom Körper (berühren Körper nicht)

Ganzkörper rechts Schalter 0	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)			
Xc (Reaktanz)			
S (Prüfsumme)			
Phasenwinkel α			
Handwiderstand ↑			
Fußwiderstand ↓			

Arm rechts Schalter 1	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)			
Xc (Reaktanz)			
S (Prüfsumme)			
Phasenwinkel α			
Handwiderstand ↑			
Fußwiderstand ↓			

Arm links Schalter 4	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)			
Xc (Reaktanz)			
S (Prüfsumme)			
Phasenwinkel α			
Handwiderstand ↑			
Fußwiderstand ↓			

Bein rechts Schalter 2	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)			
Xc (Reaktanz)			
S (Prüfsumme)			
Phasenwinkel α			
Handwiderstand ↑			
Fußwiderstand ↓			

Bein links Schalter 3	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)			
Xc (Reaktanz)			
S (Prüfsumme)			
Phasenwinkel α			
Handwiderstand ↑			
Fußwiderstand ↓			

Bioimpedanzanalyse (Data Input):

- ▶ vor Messung Blase entleeren
- ▶ kein Gewicht für Kleidung abziehen !

1. Meth. mit Vorschaltgerät - *liegend***Beginn (Uhrzeit):**

Ganzkörper rechts Schalter 0	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)			
Xc (Reaktanz)			
S (Prüfsumme)			
Phasenwinkel α			
Handwiderstand ↑			
Fußwiderstand ↓			

Arm rechts Schalter 1	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)			
Xc (Reaktanz)			
S (Prüfsumme)			
Phasenwinkel α			
Handwiderstand ↑			
Fußwiderstand ↓			

Arm links Schalter 4	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)			
Xc (Reaktanz)			
S (Prüfsumme)			
Phasenwinkel α			
Handwiderstand ↑			
Fußwiderstand ↓			

Bein rechts Schalter 2	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)			
Xc (Reaktanz)			
S (Prüfsumme)			
Phasenwinkel α			
Handwiderstand ↑			
Fußwiderstand ↓			

Bein links Schalter 3	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)			
Xc (Reaktanz)			
S (Prüfsumme)			
Phasenwinkel α			
Handwiderstand ↑			
Fußwiderstand ↓			

- ▶ 5 Minuten stehen !

Bioimpedanzanalyse (Data Input):

- ▶ vor Messung Blase entleeren
- ▶ kein Gewicht für Kleidung abziehen !

2. Meth. Äquipotenziale (Kabel segmental anlegen) - liegend**Beginn (Uhrzeit):**

Ganzkörper rechts	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)			
Xc (Reaktanz)			
S (Prüfsumme)			
Phasenwinkel α			
Handwiderstand ↑			
Fußwiderstand ↓			

Ganzkörper links	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)			
Xc (Reaktanz)			
S (Prüfsumme)			
Phasenwinkel α			
Handwiderstand ↑			
Fußwiderstand ↓			

Arm rechts	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)			
Xc (Reaktanz)			
S (Prüfsumme)			
Phasenwinkel α			
Handwiderstand ↑			
Fußwiderstand ↓			

Arm links	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)			
Xc (Reaktanz)			
S (Prüfsumme)			
Phasenwinkel α			
Handwiderstand ↑			
Fußwiderstand ↓			

Bein rechts	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)			
Xc (Reaktanz)			
S (Prüfsumme)			
Phasenwinkel α			
Handwiderstand ↑			
Fußwiderstand ↓			

Bein links	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)			
Xc (Reaktanz)			
S (Prüfsumme)			
Phasenwinkel α			
Handwiderstand ↑			
Fußwiderstand ↓			

- ▶ 5 Minuten stehen !

Bioimpedanzanalyse (Data Input):

- ▶ vor Messung Blase entleeren
- ▶ kein Gewicht für Kleidung abziehen !

3. Direkte Meth. (Elektroden segmental anlegen) - liegend**Beginn (Uhrzeit):**

Ganzkörper rechts	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)			
Xc (Reaktanz)			
S (Prüfsumme)			
Phasenwinkel α			
Handwiderstand \uparrow			
Fußwiderstand \downarrow			

Ganzkörper links	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)			
Xc (Reaktanz)			
S (Prüfsumme)			
Phasenwinkel α			
Handwiderstand \uparrow			
Fußwiderstand \downarrow			

Arm rechts	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)			
Xc (Reaktanz)			
S (Prüfsumme)			
Phasenwinkel α			
Handwiderstand \uparrow			
Fußwiderstand \downarrow			

Arm links	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)			
Xc (Reaktanz)			
S (Prüfsumme)			
Phasenwinkel α			
Handwiderstand \uparrow			
Fußwiderstand \downarrow			

Bein rechts	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)			
Xc (Reaktanz)			
S (Prüfsumme)			
Phasenwinkel α			
Handwiderstand \uparrow			
Fußwiderstand \downarrow			

Bein links	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)			
Xc (Reaktanz)			
S (Prüfsumme)			
Phasenwinkel α			
Handwiderstand \uparrow			
Fußwiderstand \downarrow			

Reliabilität – Wiederholungsmessung (1 Tag später)

Datum:.....

Bioimpedanzanalyse (Tanita, BC-418):

	Ganzer Körper	Rechtes Bein	Linkes Bein	Rechter Arm	Linker Arm	Rumpf
Resistanz bei 50 kHz („Impedanz“)						
Fettmasse (FM) (%)						
FM (kg)						
Fettfreie Masse (FFM) (kg)						
Muskelmasse (kg)						
Körperwasser (kg)						

Bioimpedanzanalyse (Data Input): 1. Methode mit Vorschaltgerät - liegend

<i>Ganzkörper rechts</i>	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)			
Xc (Reaktanz)			
S (Prüfsumme)			
Phasenwinkel α			
Handwiderstand ↑			
Fußwiderstand ↓			

<i>Arm rechts</i>	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)			
Xc (Reaktanz)			
S (Prüfsumme)			
Phasenwinkel α			
Handwiderstand ↑			
Fußwiderstand ↓			

<i>Arm links</i>	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)			
Xc (Reaktanz)			
S (Prüfsumme)			
Phasenwinkel α			
Handwiderstand ↑			
Fußwiderstand ↓			

<i>Bein rechts</i>	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)			
Xc (Reaktanz)			
S (Prüfsumme)			
Phasenwinkel α			
Handwiderstand ↑			
Fußwiderstand ↓			

<i>Bein links</i>	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)			
Xc (Reaktanz)			
S (Prüfsumme)			
Phasenwinkel α			
Handwiderstand ↑			
Fußwiderstand ↓			

Stehzeit und Liegezeit

Datum:.....

Bioimpedanzanalyse (Data Input): 1. Meth. mit Vorschaltgerät

Beginn (Uhrzeit):

Blutdruck + Puls (Messung im Sitzen nach 5 Min. Ruhepause):

Systole: mmHg Diastole: mmHg Puls: bpm

Abstand Beine: ca 25 cm; Arme entspannt seitlich vom Körper (berühren Körper nicht):

T0: ab 0. Min. (stehend) **Ganzkörper rechts (0)** **Arm rechts (1)** **Bein rechts (2)**

		5 kHz	50 kHz	100 kHz		5 kHz	50 kHz	100 kHz		5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)												
Xc (Reaktanz)												
S (Prüfsumme)												
Phasenwinkel α												
Handwiderstand ↑												
Fußwiderstand ↓												

Blutdruck + Puls (Mess. stehend): Systole: mmHg Diastole: mmHg Puls: bpm**T10: ab 10. Min. (stehend)** **Ganzkörper rechts (0)** **Arm rechts (1)** **Bein rechts (2)**

		5 kHz	50 kHz	100 kHz		5 kHz	50 kHz	100 kHz		5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)												
Xc (Reaktanz)												
S (Prüfsumme)												
Phasenwinkel α												
Handwiderstand ↑												
Fußwiderstand ↓												

Blutdruck + Puls (Mess. stehend): Systole: mmHg Diastole: mmHg Puls: bpm**T20: ab 20. Min. (liegend)** **Ganzkörper rechts (0)** **Arm rechts (1)** **Bein rechts (2)**

		5 kHz	50 kHz	100 kHz		5 kHz	50 kHz	100 kHz		5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)												
Xc (Reaktanz)												
S (Prüfsumme)												
Phasenwinkel α												
Handwiderstand ↑												
Fußwiderstand ↓												

Blutdruck + Puls (Mess. liegend): Systole: mmHg Diastole: mmHg Puls: bpm

Stehzeit und Liegezeit (Forts.)

Datum:.....

Bioimpedanzanalyse (Data Input): 1. Meth. mit Vorschaltgerät**T30: ab 30. Min. (liegend) Ganzkörper rechts (0) Arm rechts (1) Bein rechts (2)**

		5 kHz	50 kHz	100 kHz	5 kHz	50 kHz	100 kHz	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)										
Xc (Reaktanz)										
S (Prüfsumme)										
Phasenwinkel α										
Handwiderstand \uparrow										
Fußwiderstand \downarrow										

Blutdruck + Puls (Mess. liegend): Systole: mmHg Diastole: mmHg Puls: bpm**T40: ab 40. Min. (liegend) Ganzkörper rechts (0) Arm rechts (1) Bein rechts (2)**

		5 kHz	50 kHz	100 kHz	5 kHz	50 kHz	100 kHz	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)										
Xc (Reaktanz)										
S (Prüfsumme)										
Phasenwinkel α										
Handwiderstand \uparrow										
Fußwiderstand \downarrow										

Blutdruck + Puls (Mess. liegend): Systole: mmHg Diastole: mmHg Puls: bpm**T50: ab 50. Min. (liegend) Ganzkörper rechts (0) Arm rechts (1) Bein rechts (2)**

		5 kHz	50 kHz	100 kHz	5 kHz	50 kHz	100 kHz	5 kHz	50 kHz	100 kHz
R (Resistanz)										
Xc (Reaktanz)										
S (Prüfsumme)										
Phasenwinkel α										
Handwiderstand \uparrow										
Fußwiderstand \downarrow										

Blutdruck + Puls (Mess. liegend): Systole: mmHg Diastole: mmHg Puls: bpm

A-7 Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung (K-S-Test)

A-7.1 K-S-Test für alle Probanden

A-7.2 K-S-Test für die Genauigkeit des Gerätes BC-418 MA (Tanita)

A-7.3 K-S-Test für die Reliabilität des Gerätes BC-418 MA (Tanita)

A-7.4 K-S-Test für den Technikvergleich des Gerätes Nutriguard-M (Data Input), direkte Messwerte

A-7.5 K-S-Test für den Technikvergleich des Gerätes Nutriguard-M (Data Input), abgeleitete Werte

A-7.6 K-S-Test für die Positionierung der Messelektrode im Hüftbereich mit Nutriguard-M (Data Input), direkte Messwerte und abgeleitete Werte

A-7.7 K-S-Test für den Einfluss der Körperposition (Nutriguard-M, Data Input), direkte Messwerte, abgeleitete Werte, Blutdruck

A-7.1 K-S-Test für alle Probanden

Variable	Männer				Frauen			
	N	Z	P	Normalverteilung	N	Z	P	Normalverteilung
Alter (J.)	52	1,021	0,248	normalverteilt	50	0,754	0,621	normalverteilt
Baecke - Sport - Freizeit	52	1,284	0,074	normalverteilt	50	1,571	0,014	nicht normalverteilt
Baecke - Sport - Gesamt (k1 + k2 + k3)	52	0,942	0,338	normalverteilt	50	0,850	0,466	normalverteilt
Baecke - Sport - Sport	52	1,035	0,234	normalverteilt	50	0,878	0,424	normalverteilt
Baecke- Sport - Haushalt	52	1,468	0,027	nicht normalverteilt	50	0,679	0,746	normalverteilt
Bauchumfang (cm)	52	0,772	0,590	normalverteilt	50	0,411	0,996	normalverteilt
Beinlänge links (cm)	52	0,432	0,992	normalverteilt	50	0,591	0,876	normalverteilt
Beinlänge rechts (cm)	52	0,504	0,961	normalverteilt	50	0,602	0,862	normalverteilt
Bimalleolarbreite links (cm)	52	0,757	0,615	normalverteilt	50	0,576	0,894	normalverteilt
Bimalleolarbreite rechts (cm)	52	0,854	0,460	normalverteilt	50	1,241	0,092	normalverteilt
BMI (kg/m ²)	52	0,995	0,275	normalverteilt	50	0,492	0,969	normalverteilt
Brustumfang (cm)	52	0,512	0,955	normalverteilt	50	0,716	0,684	normalverteilt
Direkte Armlänge links (cm)	52	0,769	0,596	normalverteilt	50	0,491	0,969	normalverteilt
Direkte Armlänge rechts (cm)	52	0,486	0,972	normalverteilt	50	0,642	0,804	normalverteilt
DXA - BMC (g) - Arm links	50	0,512	0,956	normalverteilt	50	0,791	0,558	normalverteilt
DXA - BMC (g) - Arm rechts	50	0,285	1,000	normalverteilt	50	0,949	0,328	normalverteilt
DXA - BMC (g) - Becken	50	0,703	0,705	normalverteilt	50	0,879	0,423	normalverteilt
DXA - BMC (g) - Bein links	50	0,484	0,973	normalverteilt	50	1,219	0,103	normalverteilt
DXA - BMC (g) - Bein rechts	50	0,383	0,999	normalverteilt	50	0,870	0,435	normalverteilt
DXA - BMC (g) - Gesamt	50	0,762	0,606	normalverteilt	50	0,980	0,292	normalverteilt
DXA - BMC (g) - Kopf	50	0,506	0,960	normalverteilt	50	0,615	0,844	normalverteilt
DXA - BMC (g) - Rippen L	50	0,645	0,800	normalverteilt	50	0,487	0,972	normalverteilt
DXA - BMC (g) - Rippen R	50	0,454	0,986	normalverteilt	50	0,645	0,800	normalverteilt
DXA - BMC (g) - Rückgrat L	50	0,771	0,592	normalverteilt	50	0,519	0,951	normalverteilt
DXA - BMC (g) - Rückgrat T	50	0,776	0,584	normalverteilt	50	0,438	0,991	normalverteilt
DXA - BMC (g) - Rumpf [RippenL+R + RückgratT+L + Becken]	50	0,452	0,987	normalverteilt	50	0,523	0,947	normalverteilt
DXA - BMC (g) - T.-Summe	50	0,646	0,798	normalverteilt	50	1,026	0,243	normalverteilt
DXA - BMD (g/cm ²) - Arm links	50	0,400	0,997	normalverteilt	50	0,782	0,573	normalverteilt
DXA - BMD (g/cm ²) - Arm rechts	50	0,504	0,961	normalverteilt	50	0,768	0,597	normalverteilt
DXA - BMD (g/cm ²) - Becken	50	0,789	0,562	normalverteilt	50	0,928	0,355	normalverteilt
DXA - BMD (g/cm ²) - Bein links	50	0,505	0,961	normalverteilt	50	1,334	0,057	normalverteilt

Variable	Männer				Frauen			
	N	Z	P	Normalverteilung	N	Z	P	Normalverteilung
DXA - BMD (g/cm ²) - Bein rechts	50	0,782	0,573	normalverteilt	50	0,869	0,437	normalverteilt
DXA - BMD (g/cm ²) - Gesamt	50	0,724	0,671	normalverteilt	50	0,747	0,632	normalverteilt
DXA - BMD (g/cm ²) - Kopf	50	0,686	0,735	normalverteilt	50	0,660	0,777	normalverteilt
DXA - BMD (g/cm ²) - Rippen L	50	0,942	0,337	normalverteilt	50	0,610	0,851	normalverteilt
DXA - BMD (g/cm ²) - Rippen R	50	0,613	0,846	normalverteilt	50	0,713	0,689	normalverteilt
DXA - BMD (g/cm ²) - Rückgrat L	50	0,676	0,750	normalverteilt	50	0,795	0,553	normalverteilt
DXA - BMD (g/cm ²) - Rückgrat T	50	0,858	0,453	normalverteilt	50	0,647	0,797	normalverteilt
DXA - BMD (g/cm ²) - T.-Summe	50	0,729	0,663	normalverteilt	50	0,788	0,563	normalverteilt
DXA - Fettmasse (%) - Arm links	50	0,913	0,375	normalverteilt	50	0,540	0,933	normalverteilt
DXA - Fettmasse (%) - Arm rechts	50	1,127	0,158	normalverteilt	50	0,447	0,988	normalverteilt
DXA - Fettmasse (%) - Bein links	50	0,854	0,460	normalverteilt	50	0,651	0,790	normalverteilt
DXA - Fettmasse (%) - Bein rechts	50	0,551	0,922	normalverteilt	50	0,562	0,910	normalverteilt
DXA - Fettmasse (%) - Gesamt	50	0,882	0,418	normalverteilt	50	0,738	0,648	normalverteilt
DXA - Fettmasse (%) - Kopf	50	1,070	0,202	normalverteilt	50	0,854	0,459	normalverteilt
DXA - Fettmasse (%) - Rumpf	50	0,634	0,817	normalverteilt	50	0,466	0,981	normalverteilt
DXA - Fettmasse (%) - T.-Summe	50	0,853	0,460	normalverteilt	50	0,666	0,766	normalverteilt
DXA - Fettmasse (g) - Arm links	50	0,829	0,498	normalverteilt	50	0,742	0,640	normalverteilt
DXA - Fettmasse (g) - Arm rechts	50	0,911	0,377	normalverteilt	50	0,457	0,985	normalverteilt
DXA - Fettmasse (g) - Bein links	50	0,878	0,425	normalverteilt	50	0,757	0,616	normalverteilt
DXA - Fettmasse (g) - Bein rechts	50	0,690	0,728	normalverteilt	50	0,679	0,746	normalverteilt
DXA - Fettmasse (g) - Gesamt	50	0,865	0,443	normalverteilt	50	0,746	0,633	normalverteilt
DXA - Fettmasse (g) - Kopf	50	0,994	0,276	normalverteilt	50	0,708	0,698	normalverteilt
DXA - Fettmasse (g) - Rumpf	50	0,748	0,631	normalverteilt	50	0,676	0,750	normalverteilt
DXA - Fettmasse (g) - T.-Summe	50	0,854	0,459	normalverteilt	50	0,790	0,561	normalverteilt
DXA - Fläche (cm ²) - Arm links	50	0,356	1,000	normalverteilt	50	0,793	0,556	normalverteilt
DXA - Fläche (cm ²) - Arm rechts	50	0,660	0,777	normalverteilt	50	0,590	0,877	normalverteilt
DXA - Fläche (cm ²) - Becken	50	0,760	0,611	normalverteilt	50	1,169	0,130	normalverteilt
DXA - Fläche (cm ²) - Bein links	50	0,613	0,847	normalverteilt	50	0,665	0,768	normalverteilt
DXA - Fläche (cm ²) - Bein rechts	50	0,688	0,730	normalverteilt	50	0,657	0,782	normalverteilt
DXA - Fläche (cm ²) - Gesamt	50	0,486	0,972	normalverteilt	50	0,587	0,881	normalverteilt
DXA - Fläche (cm ²) - Kopf	50	0,713	0,689	normalverteilt	50	0,729	0,663	normalverteilt
DXA - Fläche (cm ²) - Rippen L	50	0,505	0,961	normalverteilt	50	0,583	0,886	normalverteilt
DXA - Fläche (cm ²) - Rippen R	50	0,531	0,941	normalverteilt	50	0,535	0,937	normalverteilt

Variable	Männer				Frauen			
	N	Z	P	Normalverteilung	N	Z	P	Normalverteilung
DXA - Fläche (cm ²) - Rückgrat L	50	0,813	0,523	normalverteilt	50	0,666	0,766	normalverteilt
DXA - Fläche (cm ²) - Rückgrat T	50	0,477	0,977	normalverteilt	50	0,783	0,571	normalverteilt
DXA - Fläche (cm ²) - T.-Summe	50	0,506	0,960	normalverteilt	50	0,708	0,697	normalverteilt
DXA - Gesamtmasse (g) - Arm links	50	0,550	0,923	normalverteilt	50	0,457	0,985	normalverteilt
DXA - Gesamtmasse (g) - Arm rechts	50	0,572	0,899	normalverteilt	50	0,256	1,000	normalverteilt
DXA - Gesamtmasse (g) - Bein links	50	0,521	0,949	normalverteilt	50	0,648	0,795	normalverteilt
DXA - Gesamtmasse (g) - Bein rechts	50	0,537	0,936	normalverteilt	50	0,819	0,513	normalverteilt
DXA - Gesamtmasse (g) - Gesamt	50	0,432	0,992	normalverteilt	50	0,499	0,965	normalverteilt
DXA - Gesamtmasse (g) - Kopf	50	0,621	0,835	normalverteilt	50	0,769	0,595	normalverteilt
DXA - Gesamtmasse (g) - Rumpf	50	0,529	0,942	normalverteilt	50	0,518	0,951	normalverteilt
DXA - Gesamtmasse (g) - T.-Summe	50	0,357	1,000	normalverteilt	50	0,459	0,984	normalverteilt
DXA - Magermasse [BMC + Muskel] (g) - Arm links	50	0,818	0,516	normalverteilt	50	0,892	0,404	normalverteilt
DXA - Magermasse [BMC + Muskel] (g) - Arm rechts	50	0,724	0,670	normalverteilt	50	0,677	0,749	normalverteilt
DXA - Magermasse [BMC + Muskel] (g) - Bein links	50	0,737	0,649	normalverteilt	50	0,805	0,537	normalverteilt
DXA - Magermasse [BMC + Muskel] (g) - Gesamt	50	0,731	0,659	normalverteilt	50	1,006	0,264	normalverteilt
DXA - Magermasse [BMC + Muskel] (g) - Kopf	50	0,603	0,861	normalverteilt	50	0,733	0,656	normalverteilt
DXA - Magermasse [BMC + Muskel] (g) - Rein rechts	50	0,591	0,876	normalverteilt	50	0,669	0,762	normalverteilt
DXA - Magermasse [BMC + Muskel] (g) - Rumpf	50	0,522	0,948	normalverteilt	50	0,619	0,837	normalverteilt
DXA - Magermasse [BMC + Muskel] (g) - T.-Summe	50	0,835	0,489	normalverteilt	50	0,990	0,281	normalverteilt
DXA - Muskelmasse (g) - Arm links	50	0,818	0,516	normalverteilt	50	0,920	0,365	normalverteilt
DXA - Muskelmasse (g) - Arm rechts	50	0,791	0,558	normalverteilt	50	0,636	0,814	normalverteilt
DXA - Muskelmasse (g) - Bein links	50	0,710	0,695	normalverteilt	50	0,837	0,485	normalverteilt
DXA - Muskelmasse (g) - Bein rechts	50	0,503	0,962	normalverteilt	50	0,716	0,684	normalverteilt
DXA - Muskelmasse (g) - Gesamt	50	0,706	0,702	normalverteilt	50	0,731	0,660	normalverteilt
DXA - Muskelmasse (g) - Kopf	50	0,848	0,468	normalverteilt	50	0,529	0,942	normalverteilt
DXA - Muskelmasse (g) - Rumpf	50	0,610	0,851	normalverteilt	50	0,549	0,924	normalverteilt
DXA - Muskelmasse (g) - T.-Summe	50	0,814	0,521	normalverteilt	50	0,855	0,458	normalverteilt
Ellenbogenbreite links (cm)	52	0,882	0,418	normalverteilt	50	0,870	0,436	normalverteilt
Ellenbogenbreite rechts (cm)	52	0,631	0,821	normalverteilt	50	1,080	0,194	normalverteilt
EMG - Ruhetonus Unterschenkel re liegend (mV) - deltaT	52	0,958	0,317	normalverteilt	50	1,059	0,212	normalverteilt
EMG - Ruhetonus Unterschenkel re liegend (mV) - Integral	52	2,857	0,000	nicht normalverteilt	50	3,237	0,000	nicht normalverteilt
EMG - Ruhetonus Unterschenkel re liegend (mV) - Max.	52	2,551	0,000	nicht normalverteilt	50	3,175	0,000	nicht normalverteilt
EMG - Ruhetonus Unterschenkel re liegend (mV) - Mean	52	2,820	0,000	nicht normalverteilt	50	3,235	0,000	nicht normalverteilt

Variable	Männer				Frauen			
	N	Z	P	Normalverteilung	N	Z	P	Normalverteilung
EMG - Ruhetonus Unterschenkel re stehend (mV) - deltaT	52	0,873	0,432	normalverteilt	50	2,038	0,000	nicht normalverteilt
EMG - Ruhetonus Unterschenkel re stehend (mV) - Integral	52	2,049	0,000	nicht normalverteilt	50	2,625	0,000	nicht normalverteilt
EMG - Ruhetonus Unterschenkel re stehend (mV) - Max.	52	2,825	0,000	nicht normalverteilt	50	2,714	0,000	nicht normalverteilt
EMG - Ruhetonus Unterschenkel re stehend (mV) - Mean	52	2,367	0,000	nicht normalverteilt	50	2,749	0,000	nicht normalverteilt
Epikondylenbreite Femur links (cm)	52	0,698	0,715	normalverteilt	50	0,598	0,867	normalverteilt
Epikondylenbreite Femur rechts (cm)	52	0,756	0,616	normalverteilt	50	0,674	0,753	normalverteilt
FFM Arm links (kg) - Tanita	51	0,654	0,786	normalverteilt	48	1,493	0,023	nicht normalverteilt
FFM Arm rechts (kg) - Tanita	51	0,801	0,542	normalverteilt	48	1,065	0,206	normalverteilt
FFM Bein links (kg) - Tanita	51	0,847	0,471	normalverteilt	48	0,583	0,886	normalverteilt
FFM Bein rechts (kg) - Tanita	51	0,701	0,709	normalverteilt	48	0,510	0,957	normalverteilt
FFM Körper (kg) - Tanita	51	0,717	0,683	normalverteilt	48	0,480	0,975	normalverteilt
FFM Rumpf (kg) - Tanita	51	0,669	0,763	normalverteilt	48	0,497	0,966	normalverteilt
FM Arm links (%) - Tanita	51	0,590	0,877	normalverteilt	48	0,505	0,960	normalverteilt
FM Arm links (kg) - Tanita	51	1,066	0,206	normalverteilt	48	0,831	0,494	normalverteilt
FM Arm rechts (%) - Tanita	51	0,539	0,933	normalverteilt	48	0,477	0,977	normalverteilt
FM Arm rechts (kg) - Tanita	51	1,220	0,102	normalverteilt	48	0,785	0,568	normalverteilt
FM Bein links (%) - Tanita	51	0,979	0,293	normalverteilt	48	0,535	0,937	normalverteilt
FM Bein links (kg) - Tanita	51	1,011	0,258	normalverteilt	48	0,678	0,748	normalverteilt
FM Bein rechts (%) - Tanita	51	0,847	0,470	normalverteilt	48	0,623	0,833	normalverteilt
FM Bein rechts (kg) - Tanita	51	1,119	0,163	normalverteilt	48	0,568	0,904	normalverteilt
FM Körper (%) - Tanita	51	0,518	0,952	normalverteilt	48	0,631	0,821	normalverteilt
FM Körper (kg) - Tanita	51	0,766	0,600	normalverteilt	48	0,563	0,909	normalverteilt
FM Rumpf (%) - Tanita	51	0,642	0,804	normalverteilt	48	0,650	0,792	normalverteilt
FM Rumpf (kg) - Tanita	51	0,507	0,959	normalverteilt	48	0,647	0,797	normalverteilt
Größter Oberschenkelumfang links (cm)	52	1,086	0,189	normalverteilt	50	0,801	0,542	normalverteilt
Größter Oberschenkelumfang rechts (cm)	52	0,948	0,330	normalverteilt	50	0,510	0,957	normalverteilt
Größter Unterarmumfang links (cm)	52	0,575	0,896	normalverteilt	50	0,754	0,620	normalverteilt
Größter Unterarmumfang rechts (cm)	52	0,700	0,711	normalverteilt	50	0,748	0,630	normalverteilt
Größter Wadenumfang links (cm)	52	0,850	0,466	normalverteilt	50	0,498	0,965	normalverteilt
Größter Wadenumfang rechts (cm)	52	0,682	0,741	normalverteilt	50	0,533	0,939	normalverteilt
Grundumsatz (kcal/24 Std.) - Tanita	51	0,541	0,932	normalverteilt	48	0,433	0,992	normalverteilt
Händigkeit - Selbsteinschätzung	52	3,865	0,000	nicht normalverteilt	50	3,792	0,000	nicht normalverteilt
Hüftumfang (cm)	52	0,641	0,805	normalverteilt	50	0,559	0,913	normalverteilt

Variable	Männer				Frauen			
	N	Z	P	Normalverteilung	N	Z	P	Normalverteilung
Körpergewicht (kg)	52	0,520	0,949	normalverteilt	50	0,583	0,886	normalverteilt
Körperhöhe (cm)	52	0,549	0,924	normalverteilt	50	0,756	0,618	normalverteilt
Körperl. Aktivitätsgrad - Gesamtaktivität (MET) - Freiburger Fragebogen	52	1,692	0,007	nicht normalverteilt	50	0,967	0,307	normalverteilt
Körperwasser Körper (L) - Tanita	51	0,738	0,647	normalverteilt	48	0,477	0,977	normalverteilt
Maximale Handkraft links (kPa) - Vigorimeter	51	0,604	0,859	normalverteilt	50	0,640	0,807	normalverteilt
Maximale Handkraft rechts (kPa) - Vigorimeter	52	0,713	0,689	normalverteilt	50	1,077	0,196	normalverteilt
Midarmumfang links (cm)	52	0,771	0,592	normalverteilt	50	0,692	0,724	normalverteilt
Midarmumfang rechts (cm)	52	0,831	0,494	normalverteilt	50	0,733	0,655	normalverteilt
Muskelmasse Arm links (kg) - Tanita	51	0,761	0,609	normalverteilt	48	0,704	0,705	normalverteilt
Muskelmasse Arm rechts (kg) - Tanita	51	0,839	0,482	normalverteilt	48	0,836	0,487	normalverteilt
Muskelmasse Bein links (kg) - Tanita	51	0,805	0,536	normalverteilt	48	0,593	0,874	normalverteilt
Muskelmasse Bein rechts (kg) - Tanita	51	0,731	0,659	normalverteilt	48	0,533	0,939	normalverteilt
Muskelmasse Rumpf (kg) - Tanita	51	0,619	0,838	normalverteilt	48	0,529	0,942	normalverteilt
R50 Arm links (Ohm) - Tanita	51	0,742	0,641	normalverteilt	48	0,904	0,387	normalverteilt
R50 Arm rechts (Ohm) - Tanita	51	0,734	0,653	normalverteilt	48	0,532	0,940	normalverteilt
R50 Bein links (Ohm) - Tanita	51	0,951	0,326	normalverteilt	48	0,651	0,791	normalverteilt
R50 Bein rechts (Ohm) - Tanita	51	0,850	0,465	normalverteilt	48	0,327	1,000	normalverteilt
R50 Körper (Ohm) - Tanita	51	0,962	0,313	normalverteilt	48	0,697	0,715	normalverteilt
Radioulnarbreite links (cm)	52	1,204	0,110	normalverteilt	50	1,064	0,207	normalverteilt
Radioulnarbreite rechts (cm)	52	1,494	0,023	nicht normalverteilt	50	1,069	0,203	normalverteilt
Schulterhöhe links (cm)	52	0,571	0,900	normalverteilt	50	0,510	0,957	normalverteilt
Schulterhöhe rechts (cm)	52	0,646	0,797	normalverteilt	50	0,532	0,940	normalverteilt
Sitzhoehe (cm)	52	0,477	0,977	normalverteilt	50	0,550	0,923	normalverteilt
Taillenumfang (cm)	52	0,565	0,906	normalverteilt	50	0,533	0,939	normalverteilt

A-7.2 K-S-Test für die Genauigkeit des Gerätes BC-418 MA (Tanita)

Variable	Männer				Frauen			
	N	Z	P	Normalverteilung	N	Z	P	Normalverteilung
DXA - Muskelmasse (kg) - Arm links	40	0,712	0,690	normalverteilt	32	0,710	0,694	normalverteilt
DXA - Muskelmasse (kg) - Arm rechts	40	0,561	0,912	normalverteilt	32	0,637	0,812	normalverteilt
DXA - Muskelmasse (kg) - Bein links	40	0,672	0,757	normalverteilt	32	0,547	0,926	normalverteilt
DXA - Muskelmasse (kg) - Bein rechts	40	0,484	0,973	normalverteilt	32	0,359	1,000	normalverteilt
DXA - Muskelmasse (kg) - Kopf	40	0,728	0,664	normalverteilt	32	0,626	0,828	normalverteilt
DXA - Muskelmasse (kg) - Rumpf	40	0,709	0,696	normalverteilt	32	0,668	0,764	normalverteilt
DXA - Muskelmasse (kg) - Gesamt	40	1,046	0,224	normalverteilt	32	0,755	0,619	normalverteilt
DXA - Muskelmasse (kg) - T.-Summe	40	1,174	0,127	normalverteilt	32	0,806	0,534	normalverteilt
DXA - Fettmasse (kg) - Arm links	40	0,767	0,599	normalverteilt	32	0,586	0,882	normalverteilt
DXA - Fettmasse (kg) - Arm rechts	40	0,824	0,506	normalverteilt	32	0,386	0,998	normalverteilt
DXA - Fettmasse (kg) - Bein links	40	0,793	0,555	normalverteilt	32	0,699	0,712	normalverteilt
DXA - Fettmasse (kg) - Bein rechts	40	0,675	0,753	normalverteilt	32	0,647	0,796	normalverteilt
DXA - Fettmasse (kg) - Kopf	40	0,855	0,457	normalverteilt	32	0,574	0,897	normalverteilt
DXA - Fettmasse (kg) - Rumpf	40	0,573	0,897	normalverteilt	32	0,700	0,711	normalverteilt
DXA - Fettmasse (kg) - Gesamt	40	0,695	0,719	normalverteilt	32	0,567	0,905	normalverteilt
DXA - Fettmasse (kg) - T.-Summe	40	0,637	0,812	normalverteilt	32	0,566	0,906	normalverteilt
DXA - Magermasse [BMC + Muskel] (kg) - Arm links	40	0,610	0,851	normalverteilt	32	0,659	0,777	normalverteilt
DXA - Magermasse [BMC + Muskel] (kg) - Arm rechts	40	0,518	0,951	normalverteilt	32	0,677	0,749	normalverteilt
DXA - Magermasse [BMC + Muskel] (kg) - Bein links	40	0,697	0,716	normalverteilt	32	0,536	0,936	normalverteilt
DXA - Magermasse [BMC + Muskel] (kg) - Bein rechts	40	0,525	0,945	normalverteilt	32	0,379	0,999	normalverteilt
DXA - Magermasse [BMC + Muskel] (kg) - Kopf	40	0,634	0,816	normalverteilt	32	0,888	0,410	normalverteilt
DXA - Magermasse [BMC + Muskel] (kg) - Rumpf	40	0,639	0,810	normalverteilt	32	0,987	0,284	normalverteilt
DXA - Magermasse [BMC + Muskel] (kg) - Gesamt	40	1,036	0,233	normalverteilt	32	0,619	0,838	normalverteilt
DXA - Magermasse [BMC + Muskel] (kg) - T.-Summe	40	1,234	0,095	normalverteilt	32	0,718	0,681	normalverteilt
Vergleich DXA Muskelmasse Arm links (kg) - Tanita	40	0,814	0,522	normalverteilt	32	1,312	0,064	normalverteilt
Vergleich DXA Muskelmasse Arm rechts (kg) - Tanita	40	1,001	0,269	normalverteilt	32	1,280	0,076	normalverteilt
Vergleich DXA Muskelmasse Bein links (kg) - Tanita	40	1,139	0,149	normalverteilt	32	1,131	0,155	normalverteilt
Vergleich DXA Muskelmasse Bein rechts (kg) - Tanita	40	1,025	0,244	normalverteilt	32	0,915	0,372	normalverteilt
Vergleich DXA Muskelmasse Rumpf (kg) - Tanita	40	1,002	0,267	normalverteilt	32	1,545	0,017	nicht normalverteilt
Vergleich DXA FM Arm links (kg) - Tanita	40	0,733	0,656	normalverteilt	32	1,229	0,097	normalverteilt
Vergleich DXA FM Arm rechts (kg) - Tanita	40	0,931	0,351	normalverteilt	32	1,026	0,243	normalverteilt
Vergleich DXA FM Bein links (kg) - Tanita	40	1,293	0,071	normalverteilt	32	0,455	0,986	normalverteilt

Variable	Männer				Frauen			
	N	Z	P	Normalverteilung	N	Z	P	Normalverteilung
Vergleich DXA FM Bein rechts (kg) - Tanita	40	1,183	0,121	normalverteilt	32	0,448	0,988	normalverteilt
Vergleich DXA FM Rumpf (kg) - Tanita	40	0,354	1,000	normalverteilt	32	0,759	0,612	normalverteilt
Vergleich DXA FM Körper (kg) - Tanita	40	0,510	0,957	normalverteilt	32	0,798	0,548	normalverteilt
Vergleich DXA FM Arm links (%) - Tanita	40	1,160	0,135	normalverteilt	32	0,383	0,999	normalverteilt
Vergleich DXA FM Arm rechts (%) - Tanita	40	1,405	0,039	nicht normalverteilt	32	0,512	0,956	normalverteilt
Vergleich DXA FM Bein links (%) - Tanita	40	1,473	0,026	nicht normalverteilt	32	1,242	0,091	normalverteilt
Vergleich DXA FM Bein rechts (%) - Tanita	40	1,297	0,069	normalverteilt	32	1,035	0,234	normalverteilt
Vergleich DXA FM Rumpf (%) - Tanita	40	0,402	0,997	normalverteilt	32	0,538	0,935	normalverteilt
Vergleich DXA FM Körper (%) - Tanita	40	0,779	0,578	normalverteilt	32	0,609	0,853	normalverteilt
Vergleich DXA FFM Arm links (kg) - Tanita	40	0,820	0,513	normalverteilt	32	1,356	0,051	normalverteilt
Vergleich DXA FFM Arm rechts (kg) - Tanita	40	0,989	0,282	normalverteilt	32	1,229	0,097	normalverteilt
Vergleich DXA FFM Arm rechts (kg) - Tanita	40	0,989	0,282	normalverteilt	32	1,229	0,097	normalverteilt
Vergleich DXA FFM Bein links (kg) - Tanita	40	1,135	0,152	normalverteilt	32	1,117	0,165	normalverteilt
Vergleich DXA FFM Bein rechts (kg) - Tanita	40	1,024	0,245	normalverteilt	32	0,907	0,383	normalverteilt
Vergleich DXA FFM Rumpf (kg) - Tanita	40	0,990	0,281	normalverteilt	32	1,506	0,021	nicht normalverteilt
Vergleich DXA FFM Körper (kg) - Tanita	40	0,951	0,326	normalverteilt	32	1,341	0,055	normalverteilt
Vergleich DXA R50 Arm links (Ohm) - Tanita	40	0,725	0,670	normalverteilt	32	0,644	0,801	normalverteilt
Vergleich DXA R50 Arm rechts (Ohm) - Tanita	40	1,073	0,199	normalverteilt	32	0,626	0,828	normalverteilt
Vergleich DXA R50 Bein links (Ohm) - Tanita	40	0,682	0,741	normalverteilt	32	0,893	0,403	normalverteilt
Vergleich DXA R50 Bein rechts (Ohm) - Tanita	40	0,843	0,477	normalverteilt	32	0,367	0,999	normalverteilt
Vergleich DXA R50 Körper (Ohm) - Tanita	40	0,825	0,504	normalverteilt	32	0,841	0,479	normalverteilt
Vergleich DXA Grundumsatz (kcal/24 Std.) - Tanita	40	0,897	0,397	normalverteilt	32	1,198	0,113	normalverteilt
Vergleich DXA Körperwasser Körper (L) - Tanita	40	0,973	0,300	normalverteilt	32	1,326	0,059	normalverteilt

A-7.3 K-S-Test für die Reliabilität des Gerätes BC-418 MA (Tanita)

Variable	Männer				Frauen			
	N	Z	P	Normalverteilung	N	Z	P	Normalverteilung
Muskelmasse Arm links (kg) - Tanita	10	0,532	0,939	normalverteilt	9	0,877	0,425	normalverteilt
Muskelmasse Arm rechts (kg) - Tanita	10	0,311	1,000	normalverteilt	9	0,954	0,322	normalverteilt
Muskelmasse Bein links (kg) - Tanita	10	0,564	0,908	normalverteilt	9	0,553	0,920	normalverteilt
Muskelmasse Bein rechts (kg) - Tanita	10	0,527	0,944	normalverteilt	9	0,500	0,964	normalverteilt
Muskelmasse Rumpf (kg) - Tanita	10	0,475	0,978	normalverteilt	9	0,623	0,832	normalverteilt
FM Arm links (kg) - Tanita	10	0,566	0,905	normalverteilt	9	0,563	0,909	normalverteilt
FM Arm rechts (kg) - Tanita	10	0,748	0,631	normalverteilt	9	0,581	0,888	normalverteilt
FM Bein links (kg) - Tanita	10	0,590	0,877	normalverteilt	9	0,738	0,648	normalverteilt
FM Bein rechts (kg) - Tanita	10	0,518	0,951	normalverteilt	9	0,638	0,811	normalverteilt
FM Rumpf (kg) - Tanita	10	0,609	0,852	normalverteilt	9	0,539	0,934	normalverteilt
FM Körper (kg) - Tanita	10	0,472	0,979	normalverteilt	9	0,591	0,876	normalverteilt
FM Arm links (%) - Tanita	10	0,665	0,769	normalverteilt	9	0,469	0,981	normalverteilt
FM Arm rechts (%) - Tanita	10	0,512	0,956	normalverteilt	9	0,545	0,927	normalverteilt
FM Bein links (%) - Tanita	10	0,767	0,599	normalverteilt	9	0,673	0,756	normalverteilt
FM Bein rechts (%) - Tanita	10	0,372	0,999	normalverteilt	9	0,640	0,808	normalverteilt
FM Rumpf (%) - Tanita	10	0,635	0,815	normalverteilt	9	0,617	0,841	normalverteilt
FM Körper (%) - Tanita	10	0,606	0,856	normalverteilt	9	0,771	0,592	normalverteilt
FFM Arm links (kg) - Tanita	10	0,538	0,935	normalverteilt	9	0,908	0,381	normalverteilt
FFM Arm rechts (kg) - Tanita	10	0,333	1,000	normalverteilt	9	0,942	0,338	normalverteilt
FFM Bein links (kg) - Tanita	10	0,546	0,927	normalverteilt	9	0,520	0,950	normalverteilt
FFM Bein rechts (kg) - Tanita	10	0,446	0,989	normalverteilt	9	0,500	0,964	normalverteilt
FFM Rumpf (kg) - Tanita	10	0,467	0,981	normalverteilt	9	0,629	0,824	normalverteilt
FFM Körper (kg) - Tanita	10	0,349	1,000	normalverteilt	9	0,624	0,831	normalverteilt
R50 Arm links (Ohm) - Tanita	10	0,584	0,885	normalverteilt	9	0,854	0,459	normalverteilt
R50 Arm rechts (Ohm) - Tanita	10	0,611	0,850	normalverteilt	9	0,560	0,912	normalverteilt
R50 Bein links (Ohm) - Tanita	10	0,689	0,730	normalverteilt	9	0,563	0,910	normalverteilt
R50 Bein rechts (Ohm) - Tanita	10	0,498	0,965	normalverteilt	9	0,468	0,981	normalverteilt
R50 Körper (Ohm) - Tanita	10	0,376	0,999	normalverteilt	9	0,558	0,914	normalverteilt
Körperhöhe (cm)	10	0,495	0,967	normalverteilt	9	0,710	0,695	normalverteilt
BMI (kg/m²)	10	0,856	0,456	normalverteilt	9	0,579	0,890	normalverteilt

Variable	Männer				Frauen			
	N	Z	P	Normalverteilung	N	Z	P	Normalverteilung
Grundumsatz (kcal/24 Std.) - Tanita	10	0,353	1,000	normalverteilt	9	0,656	0,783	normalverteilt
Körperwasser Körper (L) - Tanita	10	0,361	0,999	normalverteilt	9	0,623	0,833	normalverteilt
Wiederholung Muskelmasse Arm links (kg) - Tanita	10	0,382	0,999	normalverteilt	9	0,487	0,972	normalverteilt
Wiederholung Muskelmasse Arm rechts (kg) - Tanita	10	0,400	0,997	normalverteilt	9	0,730	0,661	normalverteilt
Wiederholung Muskelmasse Bein links (kg) - Tanita	10	0,589	0,879	normalverteilt	9	0,596	0,869	normalverteilt
Wiederholung Muskelmasse Bein rechts (kg) - Tanita	10	0,589	0,879	normalverteilt	9	0,456	0,985	normalverteilt
Wiederholung Muskelmasse Rumpf (kg) - Tanita	10	0,407	0,996	normalverteilt	9	0,623	0,832	normalverteilt
Wiederholung FM Arm links (kg) - Tanita	10	0,556	0,916	normalverteilt	9	0,553	0,919	normalverteilt
Wiederholung FM Arm rechts (kg) - Tanita	10	0,687	0,733	normalverteilt	9	0,620	0,837	normalverteilt
Wiederholung FM Bein links (kg) - Tanita	10	0,630	0,823	normalverteilt	9	0,741	0,643	normalverteilt
Wiederholung FM Bein rechts (kg) - Tanita	10	0,636	0,814	normalverteilt	9	0,642	0,804	normalverteilt
Wiederholung FM Rumpf (kg) - Tanita	10	0,514	0,954	normalverteilt	9	0,655	0,784	normalverteilt
Wiederholung FM Körper (kg) - Tanita	10	0,517	0,952	normalverteilt	9	0,548	0,925	normalverteilt
Wiederholung FM Arm links (%) - Tanita	10	0,584	0,884	normalverteilt	9	0,474	0,978	normalverteilt
Wiederholung FM Arm rechts (%) - Tanita	10	0,380	0,999	normalverteilt	9	0,596	0,870	normalverteilt
Wiederholung FM Bein links (%) - Tanita	10	0,815	0,519	normalverteilt	9	0,607	0,854	normalverteilt
Wiederholung FM Bein rechts (%) - Tanita	10	0,495	0,967	normalverteilt	9	0,656	0,783	normalverteilt
Wiederholung FM Rumpf (%) - Tanita	10	0,713	0,690	normalverteilt	9	0,348	1,000	normalverteilt
Wiederholung FM Körper (%) - Tanita	10	0,635	0,815	normalverteilt	9	0,449	0,988	normalverteilt
Wiederholung FFM Arm links (kg) - Tanita	10	0,365	0,999	normalverteilt	9	1,512	0,021	nicht normalverteilt
Wiederholung FFM Arm rechts (kg) - Tanita	10	0,343	1,000	normalverteilt	9	0,885	0,413	normalverteilt
Wiederholung FFM Bein links (kg) - Tanita	10	0,626	0,828	normalverteilt	9	0,530	0,941	normalverteilt
Wiederholung FFM Bein rechts (kg) - Tanita	10	0,637	0,812	normalverteilt	9	0,425	0,994	normalverteilt
Wiederholung FFM Rumpf (kg) - Tanita	10	0,415	0,995	normalverteilt	9	0,633	0,818	normalverteilt
Wiederholung FFM Körper (kg) - Tanita	10	0,347	1,000	normalverteilt	9	0,720	0,677	normalverteilt
Wiederholung R50 Arm links (Ohm) - Tanita	10	0,609	0,853	normalverteilt	9	0,899	0,394	normalverteilt
Wiederholung R50 Arm rechts (Ohm) - Tanita	10	0,579	0,891	normalverteilt	9	0,659	0,778	normalverteilt
Wiederholung R50 Bein links (Ohm) - Tanita	10	0,636	0,813	normalverteilt	9	0,522	0,948	normalverteilt
Wiederholung R50 Bein rechts (Ohm) - Tanita	10	0,402	0,997	normalverteilt	9	0,433	0,992	normalverteilt
Wiederholung R50 Körper (Ohm) - Tanita	10	0,663	0,772	normalverteilt	9	0,630	0,823	normalverteilt
Wiederholung Grundumsatz (kcal/24 Std.) - Tanita	10	0,400	0,997	normalverteilt	9	0,806	0,534	normalverteilt
Wiederholung Körperwasser Körper (L) - Tanita	10	0,343	1,000	normalverteilt	9	0,695	0,720	normalverteilt

A-7.4 K-S-Test für den Technikvergleich des Gerätes Nutriguard-M (Data Input), direkte Messwerte

Variable	Männer				Frauen			
	N	Z	P	Normalverteilung	N	Z	P	Normalverteilung
R5 Arm links (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,623	0,833	normalverteilt	40	0,677	0,750	normalverteilt
R5 Arm links (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,727	0,666	normalverteilt	40	0,825	0,504	normalverteilt
R5 Arm links (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,505	0,960	normalverteilt	40	0,645	0,799	normalverteilt
R5 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,630	0,822	normalverteilt	40	0,651	0,791	normalverteilt
R5 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,543	0,930	normalverteilt	40	0,631	0,821	normalverteilt
R5 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,477	0,977	normalverteilt	40	0,795	0,553	normalverteilt
R5 Bein links (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,653	0,787	normalverteilt	40	0,591	0,876	normalverteilt
R5 Bein links (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,462	0,983	normalverteilt	40	0,572	0,899	normalverteilt
R5 Bein links (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,354	1,000	normalverteilt	40	2,035	0,001	nicht normalverteilt
R5 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,958	0,318	normalverteilt	40	2,003	0,001	nicht normalverteilt
R5 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,537	0,935	normalverteilt	40	0,593	0,874	normalverteilt
R5 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	1,130	0,155	normalverteilt	40	0,638	0,810	normalverteilt
R5 Körper links (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,840	0,481	normalverteilt	40	0,639	0,808	normalverteilt
R5 Körper links (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,633	0,818	normalverteilt	40	0,527	0,944	normalverteilt
R5 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,842	0,477	normalverteilt	40	0,600	0,865	normalverteilt
R5 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,687	0,733	normalverteilt	40	0,618	0,839	normalverteilt
R5 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,891	0,405	normalverteilt	40	0,626	0,828	normalverteilt
R50 Arm links (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,590	0,877	normalverteilt	40	0,896	0,399	normalverteilt
R50 Arm links (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,544	0,929	normalverteilt	40	0,910	0,378	normalverteilt
R50 Arm links (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,560	0,913	normalverteilt	40	0,693	0,723	normalverteilt
R50 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,802	0,541	normalverteilt	40	1,122	0,161	normalverteilt
R50 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,659	0,779	normalverteilt	40	1,676	0,007	nicht normalverteilt
R50 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,801	0,543	normalverteilt	40	0,854	0,459	normalverteilt
R50 Bein links (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,537	0,935	normalverteilt	40	0,411	0,996	normalverteilt
R50 Bein links (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,597	0,868	normalverteilt	40	0,414	0,996	normalverteilt
R50 Bein links (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,507	0,959	normalverteilt	40	2,131	0,000	nicht normalverteilt
R50 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,695	0,719	normalverteilt	40	0,595	0,871	normalverteilt
R50 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,666	0,766	normalverteilt	40	0,608	0,853	normalverteilt
R50 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,657	0,781	normalverteilt	40	0,627	0,827	normalverteilt
R50 Körper links (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,788	0,563	normalverteilt	40	0,566	0,906	normalverteilt
R50 Körper links (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,596	0,869	normalverteilt	40	0,521	0,949	normalverteilt

Variable	Männer				Frauen			
	N	Z	P	Normalverteilung	N	Z	P	Normalverteilung
R50 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,901	0,391	normalverteilt	40	0,489	0,971	normalverteilt
R50 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,634	0,817	normalverteilt	40	0,543	0,930	normalverteilt
R50 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,671	0,759	normalverteilt	40	0,556	0,917	normalverteilt
R100 Arm links (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,599	0,866	normalverteilt	40	0,846	0,472	normalverteilt
R100 Arm links (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,520	0,949	normalverteilt	40	0,912	0,377	normalverteilt
R100 Arm links (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,683	0,739	normalverteilt	40	0,601	0,863	normalverteilt
R100 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,822	0,509	normalverteilt	40	0,598	0,867	normalverteilt
R100 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,642	0,804	normalverteilt	40	0,740	0,643	normalverteilt
R100 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,885	0,414	normalverteilt	40	1,000	0,270	normalverteilt
R100 Bein links (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,560	0,912	normalverteilt	40	0,359	1,000	normalverteilt
R100 Bein links (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,489	0,970	normalverteilt	40	0,344	1,000	normalverteilt
R100 Bein links (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,507	0,959	normalverteilt	40	2,222	0,000	nicht normalverteilt
R100 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	1,251	0,087	normalverteilt	40	0,514	0,954	normalverteilt
R100 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,555	0,918	normalverteilt	40	0,567	0,905	normalverteilt
R100 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,614	0,845	normalverteilt	40	0,665	0,769	normalverteilt
R100 Körper links (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,698	0,714	normalverteilt	40	0,585	0,884	normalverteilt
R100 Körper links (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,497	0,966	normalverteilt	40	0,608	0,853	normalverteilt
R100 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,710	0,694	normalverteilt	40	0,547	0,926	normalverteilt
R100 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,673	0,756	normalverteilt	40	0,480	0,975	normalverteilt
R100 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,819	0,514	normalverteilt	40	0,598	0,867	normalverteilt
Xc5 Arm links (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,804	0,537	normalverteilt	40	0,721	0,677	normalverteilt
Xc5 Arm links (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	1,130	0,156	normalverteilt	40	0,767	0,599	normalverteilt
Xc5 Arm links (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	1,264	0,082	normalverteilt	40	0,666	0,767	normalverteilt
Xc5 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,829	0,497	normalverteilt	40	0,917	0,369	normalverteilt
Xc5 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,840	0,480	normalverteilt	40	1,004	0,266	normalverteilt
Xc5 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	1,387	0,043	nicht normalverteilt	40	1,683	0,007	nicht normalverteilt
Xc5 Bein links (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,879	0,423	normalverteilt	40	1,245	0,090	normalverteilt
Xc5 Bein links (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,644	0,802	normalverteilt	40	1,231	0,096	normalverteilt
Xc5 Bein links (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,803	0,539	normalverteilt	40	1,411	0,037	nicht normalverteilt
Xc5 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,852	0,462	normalverteilt	40	1,500	0,022	nicht normalverteilt
Xc5 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,879	0,422	normalverteilt	40	0,774	0,587	normalverteilt
Xc5 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,667	0,765	normalverteilt	40	0,582	0,887	normalverteilt
Xc5 Körper links (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,652	0,789	normalverteilt	40	0,756	0,618	normalverteilt

Variable	Männer				Frauen			
	N	Z	P	Normalverteilung	N	Z	P	Normalverteilung
Xc5 Körper links (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,803	0,539	normalverteilt	40	0,571	0,900	normalverteilt
Xc5 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,567	0,905	normalverteilt	40	0,648	0,795	normalverteilt
Xc5 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,627	0,827	normalverteilt	40	0,948	0,330	normalverteilt
Xc5 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,739	0,646	normalverteilt	40	0,687	0,732	normalverteilt
Xc50 Arm links (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	1,004	0,266	normalverteilt	40	0,642	0,804	normalverteilt
Xc50 Arm links (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,740	0,645	normalverteilt	40	0,988	0,283	normalverteilt
Xc50 Arm links (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,807	0,534	normalverteilt	40	1,265	0,082	normalverteilt
Xc50 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,661	0,775	normalverteilt	40	0,839	0,482	normalverteilt
Xc50 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	1,078	0,195	normalverteilt	40	0,803	0,539	normalverteilt
Xc50 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	1,016	0,253	normalverteilt	40	0,910	0,379	normalverteilt
Xc50 Bein links (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	1,153	0,140	normalverteilt	40	0,624	0,831	normalverteilt
Xc50 Bein links (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,946	0,333	normalverteilt	40	0,569	0,902	normalverteilt
Xc50 Bein links (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	1,201	0,112	normalverteilt	40	1,430	0,033	nicht normalverteilt
Xc50 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,987	0,285	normalverteilt	40	0,840	0,480	normalverteilt
Xc50 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,836	0,487	normalverteilt	40	0,681	0,743	normalverteilt
Xc50 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,905	0,386	normalverteilt	40	0,678	0,748	normalverteilt
Xc50 Körper links (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,841	0,479	normalverteilt	40	0,581	0,888	normalverteilt
Xc50 Körper links (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,817	0,517	normalverteilt	40	0,678	0,747	normalverteilt
Xc50 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,927	0,357	normalverteilt	40	0,764	0,604	normalverteilt
Xc50 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,588	0,880	normalverteilt	40	0,625	0,830	normalverteilt
Xc50 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,552	0,921	normalverteilt	40	0,504	0,961	normalverteilt
Xc100 Arm links (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,883	0,416	normalverteilt	40	0,966	0,309	normalverteilt
Xc100 Arm links (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,729	0,662	normalverteilt	40	0,852	0,462	normalverteilt
Xc100 Arm links (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,714	0,688	normalverteilt	40	0,898	0,396	normalverteilt
Xc100 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,978	0,294	normalverteilt	40	1,156	0,138	normalverteilt
Xc100 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,948	0,329	normalverteilt	40	0,909	0,380	normalverteilt
Xc100 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	1,021	0,249	normalverteilt	40	0,942	0,338	normalverteilt
Xc100 Bein links (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	1,022	0,247	normalverteilt	40	0,647	0,796	normalverteilt
Xc100 Bein links (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	1,091	0,185	normalverteilt	40	0,916	0,370	normalverteilt
Xc100 Bein links (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	1,112	0,169	normalverteilt	40	1,543	0,017	nicht normalverteilt
Xc100 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	2,387	0,000	nicht normalverteilt	40	0,618	0,840	normalverteilt
Xc100 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,986	0,285	normalverteilt	40	0,735	0,653	normalverteilt
Xc100 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	1,077	0,196	normalverteilt	40	0,608	0,853	normalverteilt

Variable	Männer				Frauen			
	N	Z	P	Normalverteilung	N	Z	P	Normalverteilung
Xc100 Körper links (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,816	0,518	normalverteilt	40	0,814	0,522	normalverteilt
Xc100 Körper links (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,671	0,759	normalverteilt	40	1,041	0,228	normalverteilt
Xc100 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,733	0,656	normalverteilt	40	0,994	0,277	normalverteilt
Xc100 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,656	0,783	normalverteilt	40	0,689	0,730	normalverteilt
Xc100 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,927	0,357	normalverteilt	40	0,544	0,929	normalverteilt
PA5 Arm links (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,722	0,675	normalverteilt	40	0,582	0,887	normalverteilt
PA5 Arm links (Grad) - Data Input, Meth. 2	28	0,546	0,926	normalverteilt	40	0,695	0,719	normalverteilt
PA5 Arm links (Grad) - Data Input, Meth. 3	28	1,064	0,208	normalverteilt	40	1,719	0,005	nicht normalverteilt
PA5 Arm rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,918	0,368	normalverteilt	40	0,581	0,888	normalverteilt
PA5 Arm rechts (Grad) - Data Input, Meth. 2	28	0,787	0,565	normalverteilt	40	0,681	0,742	normalverteilt
PA5 Arm rechts (Grad) - Data Input, Meth. 3	28	1,651	0,009	nicht normalverteilt	40	0,473	0,979	normalverteilt
PA5 Bein links (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,489	0,971	normalverteilt	40	0,498	0,965	normalverteilt
PA5 Bein links (Grad) - Data Input, Meth. 2	28	0,718	0,681	normalverteilt	40	0,661	0,775	normalverteilt
PA5 Bein links (Grad) - Data Input, Meth. 3	28	0,451	0,987	normalverteilt	40	0,469	0,980	normalverteilt
PA5 Bein rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,752	0,624	normalverteilt	40	0,712	0,691	normalverteilt
PA5 Bein rechts (Grad) - Data Input, Meth. 2	28	0,677	0,749	normalverteilt	40	0,674	0,753	normalverteilt
PA5 Bein rechts (Grad) - Data Input, Meth. 3	28	0,458	0,985	normalverteilt	40	0,341	1,000	normalverteilt
PA5 Körper links (Grad) - Data Input, Meth. 2	28	0,913	0,375	normalverteilt	40	0,540	0,932	normalverteilt
PA5 Körper links (Grad) - Data Input, Meth. 3	28	0,538	0,934	normalverteilt	40	1,035	0,234	normalverteilt
PA5 Körper rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,667	0,766	normalverteilt	40	0,580	0,889	normalverteilt
PA5 Körper rechts (Grad) - Data Input, Meth. 2	28	1,063	0,209	normalverteilt	40	0,642	0,804	normalverteilt
PA5 Körper rechts (Grad) - Data Input, Meth. 3	28	0,817	0,517	normalverteilt	40	0,738	0,647	normalverteilt
PA50 Arm links (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,447	0,988	normalverteilt	40	0,685	0,736	normalverteilt
PA50 Arm links (Grad) - Data Input, Meth. 2	28	0,415	0,995	normalverteilt	40	0,437	0,991	normalverteilt
PA50 Arm links (Grad) - Data Input, Meth. 3	28	0,553	0,920	normalverteilt	40	0,989	0,282	normalverteilt
PA50 Arm rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	1,009	0,260	normalverteilt	40	0,583	0,885	normalverteilt
PA50 Arm rechts (Grad) - Data Input, Meth. 2	28	0,856	0,456	normalverteilt	40	0,636	0,813	normalverteilt
PA50 Arm rechts (Grad) - Data Input, Meth. 3	28	0,746	0,634	normalverteilt	40	0,650	0,791	normalverteilt
PA50 Bein links (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	1,080	0,194	normalverteilt	40	0,521	0,949	normalverteilt
PA50 Bein links (Grad) - Data Input, Meth. 2	28	0,837	0,485	normalverteilt	40	0,953	0,324	normalverteilt
PA50 Bein links (Grad) - Data Input, Meth. 3	28	0,903	0,389	normalverteilt	40	0,870	0,435	normalverteilt
PA50 Bein rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,479	0,976	normalverteilt	40	0,533	0,938	normalverteilt
PA50 Bein rechts (Grad) - Data Input, Meth. 2	28	0,598	0,867	normalverteilt	40	0,479	0,976	normalverteilt

Variable	Männer				Frauen			
	N	Z	P	Normalverteilung	N	Z	P	Normalverteilung
PA50 Bein rechts (Grad) - Data Input, Meth. 3	28	0,506	0,960	normalverteilt	40	0,425	0,994	normalverteilt
PA50 Körper links (Grad) - Data Input, Meth. 2	28	0,586	0,883	normalverteilt	40	0,682	0,740	normalverteilt
PA50 Körper links (Grad) - Data Input, Meth. 3	28	0,605	0,858	normalverteilt	40	0,493	0,968	normalverteilt
PA50 Körper rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,583	0,887	normalverteilt	40	0,509	0,958	normalverteilt
PA50 Körper rechts (Grad) - Data Input, Meth. 2	28	0,670	0,761	normalverteilt	40	0,564	0,908	normalverteilt
PA50 Körper rechts (Grad) - Data Input, Meth. 3	28	0,727	0,665	normalverteilt	40	0,402	0,997	normalverteilt
PA100 Arm links (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,510	0,957	normalverteilt	40	0,710	0,695	normalverteilt
PA100 Arm links (Grad) - Data Input, Meth. 2	28	0,644	0,801	normalverteilt	40	1,103	0,175	normalverteilt
PA100 Arm links (Grad) - Data Input, Meth. 3	28	0,636	0,814	normalverteilt	40	0,980	0,292	normalverteilt
PA100 Arm rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,700	0,711	normalverteilt	40	0,546	0,927	normalverteilt
PA100 Arm rechts (Grad) - Data Input, Meth. 2	28	0,687	0,733	normalverteilt	40	0,419	0,995	normalverteilt
PA100 Arm rechts (Grad) - Data Input, Meth. 3	28	0,738	0,648	normalverteilt	40	1,248	0,089	normalverteilt
PA100 Bein links (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	1,095	0,182	normalverteilt	40	0,494	0,968	normalverteilt
PA100 Bein links (Grad) - Data Input, Meth. 2	28	0,952	0,325	normalverteilt	40	0,755	0,619	normalverteilt
PA100 Bein links (Grad) - Data Input, Meth. 3	28	0,763	0,606	normalverteilt	40	0,976	0,296	normalverteilt
PA100 Bein rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,484	0,973	normalverteilt	40	0,434	0,992	normalverteilt
PA100 Bein rechts (Grad) - Data Input, Meth. 2	28	0,775	0,586	normalverteilt	40	0,436	0,991	normalverteilt
PA100 Bein rechts (Grad) - Data Input, Meth. 3	28	0,483	0,974	normalverteilt	40	0,441	0,990	normalverteilt
PA100 Körper links (Grad) - Data Input, Meth. 2	28	0,723	0,673	normalverteilt	40	0,829	0,497	normalverteilt
PA100 Körper links (Grad) - Data Input, Meth. 3	28	0,559	0,914	normalverteilt	40	0,566	0,906	normalverteilt
PA100 Körper rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,737	0,649	normalverteilt	40	0,567	0,905	normalverteilt
PA100 Körper rechts (Grad) - Data Input, Meth. 2	28	0,599	0,866	normalverteilt	40	0,430	0,993	normalverteilt
PA100 Körper rechts (Grad) - Data Input, Meth. 3	28	1,064	0,208	normalverteilt	40	0,500	0,964	normalverteilt
R50-Fuss Arm links (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,551	0,922	normalverteilt	40	1,484	0,024	nicht normalverteilt
R50-Fuss Arm links (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,559	0,914	normalverteilt	40	0,535	0,937	normalverteilt
R50-Fuss Arm links (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,978	0,294	normalverteilt	40	0,564	0,908	normalverteilt
R50-Fuss Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,859	0,452	normalverteilt	40	0,857	0,455	normalverteilt
R50-Fuss Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,741	0,643	normalverteilt	40	0,697	0,716	normalverteilt
R50-Fuss Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,838	0,484	normalverteilt	40	0,850	0,466	normalverteilt
R50-Fuss Bein links (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	1,232	0,096	normalverteilt	40	0,425	0,994	normalverteilt
R50-Fuss Bein links (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,834	0,491	normalverteilt	40	1,112	0,169	normalverteilt
R50-Fuss Bein links (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,914	0,374	normalverteilt	40	0,696	0,718	normalverteilt
R50-Fuss Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	1,085	0,190	normalverteilt	40	0,740	0,644	normalverteilt

Variable	Männer				Frauen			
	N	Z	P	Normalverteilung	N	Z	P	Normalverteilung
R50-Fuss Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,501	0,963	normalverteilt	40	0,987	0,284	normalverteilt
R50-Fuss Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,692	0,725	normalverteilt	40	0,784	0,571	normalverteilt
R50-Fuss Körper links (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	1,015	0,255	normalverteilt	40	0,667	0,766	normalverteilt
R50-Fuss Körper links (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,880	0,421	normalverteilt	40	0,703	0,707	normalverteilt
R50-Fuss Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	1,100	0,178	normalverteilt	40	0,833	0,492	normalverteilt
R50-Fuss Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,995	0,276	normalverteilt	40	1,067	0,205	normalverteilt
R50-Fuss Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,731	0,659	normalverteilt	40	0,924	0,361	normalverteilt
R50-Hand Arm links (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	1,383	0,044	nicht normalverteilt	40	0,832	0,493	normalverteilt
R50-Hand Arm links (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	1,101	0,177	normalverteilt	40	0,898	0,395	normalverteilt
R50-Hand Arm links (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	1,079	0,195	normalverteilt	40	1,402	0,039	nicht normalverteilt
R50-Hand Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,859	0,452	normalverteilt	40	1,151	0,141	normalverteilt
R50-Hand Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,788	0,564	normalverteilt	40	1,062	0,209	normalverteilt
R50-Hand Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,856	0,456	normalverteilt	40	1,334	0,057	normalverteilt
R50-Hand Bein links (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,668	0,764	normalverteilt	40	0,951	0,326	normalverteilt
R50-Hand Bein links (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	1,276	0,077	normalverteilt	40	0,737	0,649	normalverteilt
R50-Hand Bein links (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,560	0,913	normalverteilt	40	1,219	0,102	normalverteilt
R50-Hand Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,742	0,641	normalverteilt	40	1,117	0,165	normalverteilt
R50-Hand Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	0,775	0,585	normalverteilt	40	1,560	0,015	nicht normalverteilt
R50-Hand Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,910	0,379	normalverteilt	40	0,776	0,584	normalverteilt
R50-Hand Körper links (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	1,064	0,207	normalverteilt	40	0,900	0,393	normalverteilt
R50-Hand Körper links (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	0,987	0,284	normalverteilt	40	1,096	0,181	normalverteilt
R50-Hand Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,840	0,481	normalverteilt	40	1,117	0,165	normalverteilt
R50-Hand Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 2	28	1,564	0,015	nicht normalverteilt	40	1,020	0,249	normalverteilt
R50-Hand Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 3	28	1,112	0,169	normalverteilt	40	1,029	0,241	normalverteilt

A-7.5 K-S-Test für den Technikvergleich des Gerätes Nutriguard-M (Data Input), abgeleitete Werte

Variable	Männer				Frauen			
	N	Z	P		N	Z	P	
BCM (kg) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T0	28	0,430	0,993	normalverteilt	40	0,674	0,753	normalverteilt
BCM (kg) - Data Input, Meth. 2, Mess. links	28	0,544	0,929	normalverteilt	40	0,917	0,370	normalverteilt
BCM (kg) - Data Input, Meth. 2, Mess. rechts	28	0,505	0,961	normalverteilt	40	0,633	0,818	normalverteilt
BCM (kg) - Data Input, Meth. 3, Mess. links	28	0,559	0,913	normalverteilt	40	0,672	0,756	normalverteilt
BCM (kg) - Data Input, Meth. 3, Mess. rechts	28	0,465	0,982	normalverteilt	40	0,650	0,792	normalverteilt
ECM (kg) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T0	28	0,487	0,972	normalverteilt	40	0,735	0,652	normalverteilt
ECM (kg) - Data Input, Meth. 2, Mess. links	28	0,566	0,906	normalverteilt	40	0,569	0,903	normalverteilt
ECM (kg) - Data Input, Meth. 2, Mess. rechts	28	0,595	0,870	normalverteilt	40	0,532	0,940	normalverteilt
ECM (kg) - Data Input, Meth. 3, Mess. links	28	0,489	0,970	normalverteilt	40	0,458	0,985	normalverteilt
ECM (kg) - Data Input, Meth. 3, Mess. rechts	28	0,371	0,999	normalverteilt	40	0,473	0,979	normalverteilt
LBM (kg) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T0	28	0,420	0,995	normalverteilt	40	0,668	0,764	normalverteilt
LBM (kg) - Data Input, Meth. 2, Mess. links	28	0,360	0,999	normalverteilt	40	0,535	0,937	normalverteilt
LBM (kg) - Data Input, Meth. 2, Mess. rechts	28	0,471	0,979	normalverteilt	40	1,115	0,166	normalverteilt
LBM (kg) - Data Input, Meth. 3, Mess. links	28	0,499	0,965	normalverteilt	40	0,445	0,989	normalverteilt
LBM (kg) - Data Input, Meth. 3, Mess. rechts	28	0,372	0,999	normalverteilt	40	0,678	0,748	normalverteilt
ECW (L) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T0	28	0,576	0,894	normalverteilt	40	0,494	0,968	normalverteilt
ECW (L) - Data Input, Meth. 2, Mess. links	28	0,438	0,991	normalverteilt	40	0,760	0,610	normalverteilt
ECW (L) - Data Input, Meth. 2, Mess. rechts	28	0,462	0,983	normalverteilt	40	0,576	0,894	normalverteilt
ECW (L) - Data Input, Meth. 3, Mess. links	28	0,511	0,957	normalverteilt	40	0,649	0,794	normalverteilt
ECW (L) - Data Input, Meth. 3, Mess. rechts	28	0,512	0,956	normalverteilt	40	0,512	0,956	normalverteilt
ICW (L) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T0	28	0,467	0,981	normalverteilt	40	0,444	0,989	normalverteilt
ICW (L) - Data Input, Meth. 2, Mess. links	28	0,505	0,960	normalverteilt	40	0,690	0,727	normalverteilt
ICW (L) - Data Input, Meth. 2, Mess. rechts	28	0,466	0,982	normalverteilt	40	0,526	0,945	normalverteilt
ICW (L) - Data Input, Meth. 3, Mess. links	28	0,502	0,963	normalverteilt	40	0,715	0,685	normalverteilt
ICW (L) - Data Input, Meth. 3, Mess. rechts	28	0,513	0,955	normalverteilt	40	0,618	0,840	normalverteilt
TBW (L) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T0	28	0,415	0,995	normalverteilt	40	0,686	0,735	normalverteilt
TBW (L) - Data Input, Meth. 2, Mess. links	28	0,369	0,999	normalverteilt	40	0,546	0,926	normalverteilt
TBW (L) - Data Input, Meth. 2, Mess. rechts	28	0,468	0,981	normalverteilt	40	0,639	0,809	normalverteilt
TBW (L) - Data Input, Meth. 3, Mess. links	28	0,494	0,967	normalverteilt	40	0,429	0,993	normalverteilt
TBW (L) - Data Input, Meth. 3, Mess. rechts	28	0,365	0,999	normalverteilt	40	0,697	0,716	normalverteilt

Variable	Männer				Frauen			
	N	Z	P		N	Z	P	
ECM /BCM-Ratio - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T0	28	0,845	0,473	normalverteilt	40	0,773	0,589	normalverteilt
ECM /BCM-Ratio - Data Input, Meth. 2, Mess. links	28	0,765	0,603	normalverteilt	40	0,575	0,895	normalverteilt
ECM /BCM-Ratio - Data Input, Meth. 2, Mess. rechts	28	0,831	0,494	normalverteilt	40	0,616	0,843	normalverteilt
ECM /BCM-Ratio - Data Input, Meth. 3, Mess. links	28	0,749	0,629	normalverteilt	40	0,529	0,942	normalverteilt
ECM /BCM-Ratio - Data Input, Meth. 3, Mess. rechts	28	1,112	0,169	normalverteilt	40	0,372	0,999	normalverteilt
ECW/ICW-Ratio - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T0	28	0,459	0,984	normalverteilt	40	0,715	0,687	normalverteilt
ECW/ICW-Ratio - Data Input, Meth. 2, Mess. links	28	0,473	0,978	normalverteilt	40	0,718	0,680	normalverteilt
ECW/ICW-Ratio - Data Input, Meth. 2, Mess. rechts	28	0,398	0,997	normalverteilt	40	0,508	0,958	normalverteilt
ECW/ICW-Ratio - Data Input, Meth. 3, Mess. links	28	0,625	0,830	normalverteilt	40	0,693	0,722	normalverteilt
ECW/ICW-Ratio - Data Input, Meth. 3, Mess. rechts	28	0,745	0,636	normalverteilt	40	0,384	0,998	normalverteilt
Grundumsatz (kcal/24Std.) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T0	28	0,436	0,991	normalverteilt	40	0,690	0,729	normalverteilt
Grundumsatz (kcal/24Std.) - Data Input, Meth. 2, Mess. links	28	0,544	0,929	normalverteilt	40	1,116	0,166	normalverteilt
Grundumsatz (kcal/24Std.) - Data Input, Meth. 2, Mess. rechts	28	0,497	0,966	normalverteilt	40	0,701	0,709	normalverteilt
Grundumsatz (kcal/24Std.) - Data Input, Meth. 3, Mess. links	28	0,570	0,902	normalverteilt	40	0,858	0,454	normalverteilt
Grundumsatz (kcal/24Std.) - Data Input, Meth. 3, Mess. rechts	28	0,483	0,974	normalverteilt	40	0,745	0,636	normalverteilt

A-7.6 K-S-Test für die Positionierung der Messelektrode im Hüftbereich mit Nutriguard-M (Data Input), direkte Messwerte und abgeleitete Werte

Variable	N	Z	P	Normalverteilung
R5 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 1	20	0,478	0,976	normalverteilt
R5 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 1 - Wh	11	0,639	0,809	normalverteilt
R5 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 2	20	0,439	0,991	normalverteilt
R5 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 2 - Wh	11	0,664	0,770	normalverteilt
R5 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 3	20	0,444	0,989	normalverteilt
R5 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 3 - Wh	11	0,746	0,633	normalverteilt
R5 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 4	20	0,486	0,972	normalverteilt
R5 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 4 - Wh	11	0,665	0,768	normalverteilt
R5 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 5	20	0,595	0,870	normalverteilt
R5 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 5 - Wh	11	0,707	0,700	normalverteilt
R5 Körper rechts (Ohm) - Ganzkörper	20	0,449	0,988	normalverteilt
R50 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 1	20	0,483	0,974	normalverteilt
R50 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 1 - Wh	11	0,662	0,773	normalverteilt
R50 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 2	20	0,466	0,982	normalverteilt
R50 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 2 - Wh	11	0,411	0,996	normalverteilt
R50 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 3	20	0,384	0,998	normalverteilt
R50 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 3 - Wh	11	0,490	0,970	normalverteilt
R50 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 4	20	0,497	0,966	normalverteilt
R50 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 4 - Wh	11	0,681	0,743	normalverteilt
R50 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 5	20	0,466	0,982	normalverteilt
R50 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 5 - Wh	11	0,588	0,880	normalverteilt
R50 Körper rechts (Ohm)- Ganzkörper	20	0,478	0,976	normalverteilt
R100 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 1	20	0,596	0,870	normalverteilt
R100 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 1 - Wh	11	0,598	0,867	normalverteilt
R100 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 2	20	0,534	0,938	normalverteilt
R100 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 2 - Wh	11	0,470	0,980	normalverteilt
R100 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 3	20	0,453	0,986	normalverteilt
R100 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 3 - Wh	11	0,370	0,999	normalverteilt
R100 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 4	20	0,455	0,986	normalverteilt
R100 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 4 - Wh	11	0,670	0,760	normalverteilt

Variable	N	Z	P	Normalverteilung
R100 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 5	20	0,543	0,930	normalverteilt
R100 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 5 - Wh	11	0,522	0,948	normalverteilt
R100 Körper rechts (Ohm) - Ganzkörper	20	0,466	0,982	normalverteilt
Xc5 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 1	20	0,515	0,953	normalverteilt
Xc5 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 1 - Wh	11	0,829	0,498	normalverteilt
Xc5 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 2	20	0,590	0,878	normalverteilt
Xc5 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 2 - Wh	11	0,690	0,728	normalverteilt
Xc5 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 3	20	0,682	0,741	normalverteilt
Xc5 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 3 - Wh	11	0,630	0,822	normalverteilt
Xc5 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 4	20	0,684	0,738	normalverteilt
Xc5 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 4 - Wh	11	0,726	0,668	normalverteilt
Xc5 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 5	20	0,604	0,859	normalverteilt
Xc5 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 5 - Wh	11	0,589	0,879	normalverteilt
Xc5 Körper rechts (Ohm) - Ganzkörper	20	0,818	0,515	normalverteilt
Xc50 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 1	20	0,520	0,950	normalverteilt
Xc50 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 1 - WH	11	0,787	0,566	normalverteilt
Xc50 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 2	20	0,513	0,955	normalverteilt
Xc50 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 2 - Wh	11	0,634	0,817	normalverteilt
Xc50 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 3	20	0,555	0,917	normalverteilt
Xc50 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 3 - Wh	11	0,537	0,935	normalverteilt
Xc50 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 4	20	0,670	0,760	normalverteilt
Xc50 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 4 - Wh	11	0,570	0,901	normalverteilt
Xc50 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 5	20	0,664	0,770	normalverteilt
Xc50 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 5 - Wh	11	0,549	0,923	normalverteilt
Xc50 Körper rechts (Ohm) - Ganzkörper	20	0,528	0,943	normalverteilt
Xc100 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 1	20	0,602	0,861	normalverteilt
Xc100 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 1 - Wh	11	0,757	0,615	normalverteilt
Xc100 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 2	20	0,430	0,993	normalverteilt
Xc100 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 2 - Wh	11	0,388	0,998	normalverteilt
Xc100 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 3	20	0,647	0,797	normalverteilt
Xc100 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 3 - Wh	11	0,522	0,948	normalverteilt
Xc100 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 4	20	0,698	0,714	normalverteilt
Xc100 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 4 - Wh	11	0,369	0,999	normalverteilt
Xc100 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 5	20	0,639	0,809	normalverteilt

Variable	N	Z	P	Normalverteilung
Xc100 Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 5 - Wh	11	0,483	0,974	normalverteilt
Xc100 Körper rechts (Ohm) - Ganzkörper	20	0,518	0,951	normalverteilt
PA5 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 1	20	0,491	0,969	normalverteilt
PA5 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 1 - Wh	11	0,728	0,664	normalverteilt
PA5 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 2	20	0,564	0,908	normalverteilt
PA5 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 2 - Wh	11	0,517	0,952	normalverteilt
PA5 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 3	20	0,626	0,828	normalverteilt
PA5 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 3 - Wh	11	0,733	0,655	normalverteilt
PA5 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 4	20	0,520	0,950	normalverteilt
PA5 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 4 - Wh	11	0,745	0,635	normalverteilt
PA5 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 5	20	0,600	0,865	normalverteilt
PA5 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 5 - Wh	11	0,490	0,970	normalverteilt
PA50 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 1	20	0,711	0,693	normalverteilt
PA50 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 1 - Wh	11	0,512	0,956	normalverteilt
PA50 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 2	20	0,671	0,759	normalverteilt
PA50 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 2 - Wh	11	0,795	0,552	normalverteilt
PA50 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 3	20	0,757	0,615	normalverteilt
PA50 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 3 - Wh	11	0,947	0,331	normalverteilt
PA50 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 4	20	0,613	0,847	normalverteilt
PA50 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 4 - Wh	11	0,436	0,991	normalverteilt
PA50 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 5	20	0,739	0,646	normalverteilt
PA50 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 5 - Wh	11	0,472	0,979	normalverteilt
PA50 Körper rechts (Grad) - Ganzkörper	20	1,092	0,184	normalverteilt
PA100 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 1	20	0,755	0,619	normalverteilt
PA100 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 1 - Wh	11	0,450	0,987	normalverteilt
PA100 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 2	20	0,800	0,545	normalverteilt
PA100 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 2 - Wh	11	0,895	0,400	normalverteilt
PA100 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 3	20	0,736	0,650	normalverteilt
PA100 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 3 - Wh	11	0,905	0,386	normalverteilt
PA100 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 4	20	0,676	0,751	normalverteilt
PA100 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 4 - Wh	11	0,666	0,767	normalverteilt
PA100 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 5	20	0,766	0,600	normalverteilt
PA100 Hüfte rechts (Grad) - Messposition 5 - Wh	11	0,724	0,671	normalverteilt
R50-Fuss Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 1	20	0,687	0,732	normalverteilt

Variable	N	Z	P	Normalverteilung
R50-Fuss Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 1 - Wh	11	1,204	0,110	normalverteilt
R50-Fuss Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 2	20	0,734	0,655	normalverteilt
R50-Fuss Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 2 - Wh	11	1,133	0,154	normalverteilt
R50-Fuss Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 3	20	0,707	0,699	normalverteilt
R50-Fuss Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 3 - Wh	11	1,228	0,098	normalverteilt
R50-Fuss Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 4	20	0,723	0,672	normalverteilt
R50-Fuss Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 4 - Wh	11	1,268	0,080	normalverteilt
R50-Fuss Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 5	20	0,702	0,708	normalverteilt
R50-Fuss Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 5 - Wh	11	1,183	0,122	normalverteilt
R50-Fuss Körper rechts (Ohm) - Ganzkörper	20	0,711	0,692	normalverteilt
R50-Hand Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 1	20	0,452	0,987	normalverteilt
R50-Hand Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 1 - Wh	11	0,586	0,882	normalverteilt
R50-Hand Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 2	20	0,536	0,936	normalverteilt
R50-Hand Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 2 - Wh	11	0,549	0,924	normalverteilt
R50-Hand Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 3	20	0,693	0,722	normalverteilt
R50-Hand Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 3 - Wh	11	0,518	0,951	normalverteilt
R50-Hand Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 4	20	0,746	0,634	normalverteilt
R50-Hand Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 4 - Wh	11	0,599	0,866	normalverteilt
R50-Hand Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 5	20	0,500	0,964	normalverteilt
R50-Hand Hüfte rechts (Ohm) - Messposition 5 - Wh	11	0,542	0,931	normalverteilt
R50-Hand Körper rechts (Ohm) - Ganzkörper	20	0,724	0,672	normalverteilt
ECM /BCM-Ratio	20	0,993	0,278	normalverteilt
ECW/ICW-Ratio	20	0,674	0,754	normalverteilt
Extrazelluläres Wasser (ECW) (L)	20	0,722	0,674	normalverteilt
Extrazellulärmasse (ECM) (kg)	20	0,603	0,860	normalverteilt
FM unkorrigiert (kg)	20	0,473	0,979	normalverteilt
Ganzkörperwasser (L)	20	0,629	0,823	normalverteilt
Grundumsatz (kcal/24Std.)	20	0,550	0,922	normalverteilt
Intrazelluläres Wasser (ICW) (L)	20	0,716	0,684	normalverteilt
Körperzellmasse (BCM) (kg)	20	0,506	0,960	normalverteilt
Magermasse (kg)	20	0,682	0,741	normalverteilt

A-7.7 K-S-Test für den Einfluss der Körperposition (Nutriguard-M, Data Input), direkte Messwerte, abgeleitete Werte, Blutdruck

Variable	Männer				Frauen			
	N	Z	P	Normalverteilung	N	Z	P	Normalverteilung
R5 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,798	0,548	normalverteilt	18	0,605	0,858	normalverteilt
R5 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T10	28	1,367	0,048	nicht normalverteilt	18	0,625	0,830	normalverteilt
R5 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T20	28	0,956	0,320	normalverteilt	18	0,552	0,920	normalverteilt
R5 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T30	28	1,022	0,247	normalverteilt	18	0,591	0,876	normalverteilt
R5 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T40	28	0,956	0,320	normalverteilt	18	0,572	0,900	normalverteilt
R5 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T50	28	0,907	0,383	normalverteilt	18	0,463	0,983	normalverteilt
R50 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,965	0,309	normalverteilt	18	0,584	0,885	normalverteilt
R50 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T10	28	0,812	0,524	normalverteilt	18	0,593	0,874	normalverteilt
R50 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T20	28	0,911	0,377	normalverteilt	18	0,580	0,889	normalverteilt
R50 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T30	28	0,966	0,308	normalverteilt	18	0,519	0,950	normalverteilt
R50 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T40	28	0,628	0,825	normalverteilt	18	0,551	0,921	normalverteilt
R50 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T50	28	0,735	0,652	normalverteilt	18	0,510	0,957	normalverteilt
R100 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,860	0,451	normalverteilt	18	0,576	0,894	normalverteilt
R100 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T10	28	0,739	0,646	normalverteilt	18	0,644	0,801	normalverteilt
R100 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T20	28	0,950	0,327	normalverteilt	18	0,553	0,919	normalverteilt
R100 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T30	28	1,071	0,201	normalverteilt	18	0,530	0,941	normalverteilt
R100 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T40	28	0,924	0,360	normalverteilt	18	0,455	0,986	normalverteilt
R100 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T50	28	0,776	0,584	normalverteilt	18	0,502	0,963	normalverteilt
Xc5 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,659	0,778	normalverteilt	18	0,590	0,878	normalverteilt
Xc5 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T10	28	1,051	0,220	normalverteilt	18	0,714	0,688	normalverteilt
Xc5 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T20	28	1,261	0,083	normalverteilt	18	0,693	0,723	normalverteilt
Xc5 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T30	28	1,498	0,023	nicht normalverteilt	18	0,645	0,799	normalverteilt
Xc5 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T40	28	0,930	0,353	normalverteilt	18	0,565	0,906	normalverteilt
Xc5 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T50	28	0,764	0,604	normalverteilt	18	0,964	0,310	normalverteilt
Xc50 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,704	0,704	normalverteilt	18	0,695	0,720	normalverteilt
Xc50 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T10	28	0,938	0,342	normalverteilt	18	0,758	0,614	normalverteilt
Xc50 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T20	28	0,837	0,486	normalverteilt	18	0,616	0,842	normalverteilt
Xc50 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T30	28	0,909	0,381	normalverteilt	18	0,796	0,551	normalverteilt
Xc50 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T40	28	0,684	0,737	normalverteilt	18	0,592	0,875	normalverteilt
Xc50 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T50	28	0,809	0,530	normalverteilt	18	0,567	0,905	normalverteilt
Xc100 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,549	0,923	normalverteilt	18	0,521	0,949	normalverteilt

Variable	Männer				Frauen			
	N	Z	P	Normalverteilung	N	Z	P	Normalverteilung
Xc100 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T10	28	0,680	0,744	normalverteilt	18	0,704	0,704	normalverteilt
Xc100 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T20	28	0,601	0,863	normalverteilt	18	0,444	0,989	normalverteilt
Xc100 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T30	28	0,513	0,955	normalverteilt	18	0,616	0,842	normalverteilt
Xc100 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T40	28	0,672	0,757	normalverteilt	18	0,672	0,757	normalverteilt
Xc100 Arm rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T50	28	0,911	0,377	normalverteilt	18	0,552	0,921	normalverteilt
PA5 Arm rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,491	0,969	normalverteilt	18	0,716	0,685	normalverteilt
PA5 Arm rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T10	28	0,726	0,667	normalverteilt	18	0,531	0,940	normalverteilt
PA5 Arm rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T20	28	1,459	0,028	nicht normalverteilt	18	0,530	0,941	normalverteilt
PA5 Arm rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T30	28	1,709	0,006	nicht normalverteilt	18	0,472	0,979	normalverteilt
PA5 Arm rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T40	28	0,671	0,759	normalverteilt	18	0,363	0,999	normalverteilt
PA5 Arm rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T50	28	0,714	0,687	normalverteilt	18	0,517	0,952	normalverteilt
PA50 Arm rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,509	0,958	normalverteilt	18	0,369	0,999	normalverteilt
PA50 Arm rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T10	28	0,444	0,989	normalverteilt	18	0,333	1,000	normalverteilt
PA50 Arm rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T20	28	0,656	0,783	normalverteilt	18	0,558	0,915	normalverteilt
PA50 Arm rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T30	28	0,516	0,952	normalverteilt	18	0,413	0,996	normalverteilt
PA50 Arm rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T40	28	0,579	0,891	normalverteilt	18	0,518	0,952	normalverteilt
PA50 Arm rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T50	28	0,526	0,945	normalverteilt	18	0,421	0,994	normalverteilt
PA100 Arm rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,535	0,937	normalverteilt	18	0,658	0,779	normalverteilt
PA100 Arm rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T10	28	0,411	0,996	normalverteilt	18	0,390	0,998	normalverteilt
PA100 Arm rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T20	28	0,684	0,738	normalverteilt	18	0,584	0,884	normalverteilt
PA100 Arm rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T30	28	0,701	0,709	normalverteilt	18	0,734	0,653	normalverteilt
PA100 Arm rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T40	28	1,091	0,185	normalverteilt	18	0,595	0,871	normalverteilt
PA100 Arm rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T50	28	0,696	0,718	normalverteilt	18	0,432	0,992	normalverteilt
R5 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,483	0,974	normalverteilt	18	0,671	0,759	normalverteilt
R5 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T10	28	0,411	0,996	normalverteilt	18	0,678	0,747	normalverteilt
R5 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T20	28	0,376	0,999	normalverteilt	18	0,554	0,918	normalverteilt
R5 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T30	28	0,400	0,997	normalverteilt	18	0,659	0,778	normalverteilt
R5 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T40	28	0,360	0,999	normalverteilt	18	0,674	0,754	normalverteilt
R5 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T50	28	0,375	0,999	normalverteilt	18	0,683	0,739	normalverteilt
R50 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,493	0,969	normalverteilt	18	0,631	0,821	normalverteilt
R50 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T10	28	0,470	0,980	normalverteilt	18	0,408	0,996	normalverteilt
R50 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T20	28	0,549	0,924	normalverteilt	18	0,414	0,995	normalverteilt
R50 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T30	28	0,481	0,975	normalverteilt	18	0,507	0,959	normalverteilt

Variable	Männer				Frauen			
	N	Z	P	Normalverteilung	N	Z	P	Normalverteilung
R50 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T40	28	0,504	0,961	normalverteilt	18	0,571	0,900	normalverteilt
R50 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T50	28	0,476	0,977	normalverteilt	18	0,594	0,872	normalverteilt
R100 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,443	0,989	normalverteilt	18	0,563	0,909	normalverteilt
R100 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T10	28	0,416	0,995	normalverteilt	18	0,498	0,965	normalverteilt
R100 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T20	28	0,467	0,981	normalverteilt	18	0,413	0,996	normalverteilt
R100 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T30	28	0,442	0,990	normalverteilt	18	0,537	0,935	normalverteilt
R100 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T40	28	0,484	0,973	normalverteilt	18	0,502	0,962	normalverteilt
R100 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T50	28	0,505	0,961	normalverteilt	18	0,480	0,975	normalverteilt
Xc5 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	1,036	0,233	normalverteilt	18	1,058	0,213	normalverteilt
Xc5 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T10	28	0,929	0,354	normalverteilt	18	1,033	0,236	normalverteilt
Xc5 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T20	28	0,854	0,459	normalverteilt	18	0,979	0,294	normalverteilt
Xc5 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T30	28	0,571	0,901	normalverteilt	18	0,888	0,409	normalverteilt
Xc5 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T40	28	0,661	0,774	normalverteilt	18	0,968	0,306	normalverteilt
Xc5 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T50	28	0,581	0,889	normalverteilt	18	0,817	0,516	normalverteilt
Xc50 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,770	0,594	normalverteilt	18	0,531	0,941	normalverteilt
Xc50 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T10	28	0,686	0,734	normalverteilt	18	0,668	0,764	normalverteilt
Xc50 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T20	28	0,695	0,719	normalverteilt	18	0,571	0,900	normalverteilt
Xc50 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T30	28	0,833	0,492	normalverteilt	18	0,474	0,978	normalverteilt
Xc50 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T40	28	0,684	0,738	normalverteilt	18	0,550	0,923	normalverteilt
Xc50 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T50	28	0,799	0,546	normalverteilt	18	0,460	0,984	normalverteilt
Xc100 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,763	0,605	normalverteilt	18	0,817	0,517	normalverteilt
Xc100 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T10	28	0,674	0,755	normalverteilt	18	0,724	0,671	normalverteilt
Xc100 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T20	28	0,911	0,377	normalverteilt	18	0,474	0,978	normalverteilt
Xc100 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T30	28	0,494	0,968	normalverteilt	18	0,541	0,931	normalverteilt
Xc100 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T40	28	0,732	0,658	normalverteilt	18	0,419	0,995	normalverteilt
Xc100 Bein rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T50	28	0,650	0,793	normalverteilt	18	0,507	0,959	normalverteilt
PA5 Bein rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,600	0,865	normalverteilt	18	0,729	0,663	normalverteilt
PA5 Bein rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T10	28	0,857	0,455	normalverteilt	18	0,782	0,573	normalverteilt
PA5 Bein rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T20	28	0,970	0,304	normalverteilt	18	0,561	0,912	normalverteilt
PA5 Bein rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T30	28	0,742	0,641	normalverteilt	18	0,643	0,803	normalverteilt
PA5 Bein rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T40	28	0,492	0,969	normalverteilt	18	0,619	0,838	normalverteilt
PA5 Bein rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T50	28	0,728	0,664	normalverteilt	18	0,666	0,767	normalverteilt
PA50 Bein rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,468	0,981	normalverteilt	18	0,615	0,844	normalverteilt

Variable	Männer				Frauen			
	N	Z	P	Normalverteilung	N	Z	P	Normalverteilung
PA50 Bein rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T10	28	0,559	0,913	normalverteilt	18	0,461	0,983	normalverteilt
PA50 Bein rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T20	28	0,410	0,996	normalverteilt	18	0,754	0,621	normalverteilt
PA50 Bein rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T30	28	0,498	0,965	normalverteilt	18	0,691	0,726	normalverteilt
PA50 Bein rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T40	28	0,376	0,999	normalverteilt	18	0,556	0,916	normalverteilt
PA50 Bein rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T50	28	0,391	0,998	normalverteilt	18	0,671	0,759	normalverteilt
PA100 Bein rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,500	0,964	normalverteilt	18	0,823	0,508	normalverteilt
PA100 Bein rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T10	28	0,431	0,992	normalverteilt	18	0,726	0,667	normalverteilt
PA100 Bein rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T20	28	0,575	0,895	normalverteilt	18	0,478	0,977	normalverteilt
PA100 Bein rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T30	28	0,677	0,749	normalverteilt	18	0,526	0,945	normalverteilt
PA100 Bein rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T40	28	0,630	0,822	normalverteilt	18	0,442	0,990	normalverteilt
PA100 Bein rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T50	28	0,604	0,859	normalverteilt	18	0,486	0,972	normalverteilt
R5 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,692	0,724	normalverteilt	18	0,754	0,621	normalverteilt
R5 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T10	28	0,622	0,834	normalverteilt	18	1,154	0,139	normalverteilt
R5 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T20	28	0,766	0,600	normalverteilt	18	0,722	0,675	normalverteilt
R5 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T30	28	0,730	0,660	normalverteilt	18	0,681	0,742	normalverteilt
R5 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T40	28	0,724	0,672	normalverteilt	18	0,736	0,651	normalverteilt
R5 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T50	28	0,607	0,854	normalverteilt	18	0,649	0,794	normalverteilt
R50 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,803	0,539	normalverteilt	18	0,547	0,926	normalverteilt
R50 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T10	28	0,757	0,615	normalverteilt	18	0,651	0,790	normalverteilt
R50 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T20	28	0,750	0,628	normalverteilt	18	0,513	0,955	normalverteilt
R50 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T30	28	0,739	0,646	normalverteilt	18	0,489	0,970	normalverteilt
R50 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T40	28	0,724	0,671	normalverteilt	18	0,501	0,964	normalverteilt
R50 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T50	28	0,721	0,676	normalverteilt	18	0,429	0,993	normalverteilt
R100 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,813	0,523	normalverteilt	18	0,531	0,940	normalverteilt
R100 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T10	28	0,856	0,456	normalverteilt	18	0,570	0,901	normalverteilt
R100 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T20	28	0,789	0,562	normalverteilt	18	0,538	0,934	normalverteilt
R100 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T30	28	0,801	0,543	normalverteilt	18	0,508	0,959	normalverteilt
R100 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T40	28	0,768	0,598	normalverteilt	18	0,537	0,935	normalverteilt
R100 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T50	28	0,748	0,631	normalverteilt	18	0,420	0,994	normalverteilt
Xc5 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	1,182	0,122	normalverteilt	18	0,643	0,803	normalverteilt
Xc5 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T10	28	0,655	0,784	normalverteilt	18	1,271	0,079	normalverteilt
Xc5 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T20	28	0,923	0,362	normalverteilt	18	0,658	0,779	normalverteilt
Xc5 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T30	28	0,527	0,944	normalverteilt	18	0,461	0,984	normalverteilt

Variable	Männer				Frauen			
	N	Z	P	Normalverteilung	N	Z	P	Normalverteilung
Xc5 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T40	28	0,584	0,885	normalverteilt	18	0,638	0,810	normalverteilt
Xc5 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T50	28	0,730	0,661	normalverteilt	18	0,576	0,895	normalverteilt
Xc50 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,518	0,951	normalverteilt	18	0,821	0,510	normalverteilt
Xc50 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T10	28	0,549	0,924	normalverteilt	18	0,804	0,537	normalverteilt
Xc50 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T20	28	0,529	0,943	normalverteilt	18	0,512	0,956	normalverteilt
Xc50 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T30	28	0,502	0,963	normalverteilt	18	0,485	0,973	normalverteilt
Xc50 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T40	28	0,512	0,956	normalverteilt	18	0,611	0,849	normalverteilt
Xc50 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T50	28	0,498	0,965	normalverteilt	18	0,608	0,853	normalverteilt
Xc100 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,665	0,768	normalverteilt	18	0,461	0,983	normalverteilt
Xc100 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T10	28	0,508	0,959	normalverteilt	18	0,504	0,961	normalverteilt
Xc100 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T20	28	0,522	0,948	normalverteilt	18	0,491	0,969	normalverteilt
Xc100 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T30	28	0,523	0,948	normalverteilt	18	0,325	1,000	normalverteilt
Xc100 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T40	28	0,602	0,861	normalverteilt	18	0,516	0,953	normalverteilt
Xc100 Körper rechts (Ohm) - Data Input, Meth. 1 - T50	28	0,626	0,828	normalverteilt	18	0,531	0,941	normalverteilt
PA5 Körper rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,847	0,470	normalverteilt	18	0,734	0,654	normalverteilt
PA5 Körper rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T10	28	0,609	0,853	normalverteilt	18	0,591	0,875	normalverteilt
PA5 Körper rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T20	28	0,973	0,300	normalverteilt	18	0,360	0,999	normalverteilt
PA5 Körper rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T30	28	0,552	0,921	normalverteilt	18	0,351	1,000	normalverteilt
PA5 Körper rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T40	28	0,721	0,677	normalverteilt	18	0,461	0,984	normalverteilt
PA5 Körper rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T50	28	0,793	0,555	normalverteilt	18	0,400	0,997	normalverteilt
PA50 Körper rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,621	0,836	normalverteilt	18	0,650	0,792	normalverteilt
PA50 Körper rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T10	28	0,753	0,622	normalverteilt	18	0,714	0,688	normalverteilt
PA50 Körper rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T20	28	0,546	0,927	normalverteilt	18	0,791	0,559	normalverteilt
PA50 Körper rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T30	28	0,505	0,961	normalverteilt	18	0,903	0,388	normalverteilt
PA50 Körper rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T40	28	0,478	0,976	normalverteilt	18	1,095	0,182	normalverteilt
PA50 Körper rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T50	28	0,536	0,936	normalverteilt	18	0,987	0,284	normalverteilt
PA100 Körper rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T0	28	0,572	0,899	normalverteilt	18	0,516	0,953	normalverteilt
PA100 Körper rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T10	28	0,604	0,859	normalverteilt	18	0,575	0,896	normalverteilt
PA100 Körper rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T20	28	0,603	0,861	normalverteilt	18	0,733	0,656	normalverteilt
PA100 Körper rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T30	28	0,783	0,572	normalverteilt	18	0,453	0,986	normalverteilt
PA100 Körper rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T40	28	0,714	0,688	normalverteilt	18	0,600	0,864	normalverteilt
PA100 Körper rechts (Grad) - Data Input, Meth. 1 - T450	28	0,678	0,747	normalverteilt	18	0,499	0,965	normalverteilt
Diff Prozent Arm R 5 T10-T0	28	1,103	0,176	normalverteilt	18	1,621	0,010	nicht normalverteilt

Variable	Männer				Frauen			
	N	Z	P	Normalverteilung	N	Z	P	Normalverteilung
Diff Prozent Arm R 5 T30-20	28	0,652	0,789	normalverteilt	18	0,678	0,748	normalverteilt
Diff Prozent Arm R 5 T40-T30	28	0,922	0,363	normalverteilt	18	0,687	0,733	normalverteilt
Diff Prozent Arm R 5 T50-T40	28	0,709	0,697	normalverteilt	18	0,953	0,324	normalverteilt
Diff Prozent Arm R 50 T10-T0	28	1,142	0,147	normalverteilt	18	0,475	0,978	normalverteilt
Diff Prozent Arm R 50 T30-20	28	0,905	0,386	normalverteilt	18	0,626	0,828	normalverteilt
Diff Prozent Arm R 50 T40-T30	28	1,470	0,027	nicht normalverteilt	18	0,436	0,991	normalverteilt
Diff Prozent Arm R 50 T50-T40	28	1,366	0,048	nicht normalverteilt	18	0,781	0,576	normalverteilt
Diff Prozent Arm R 100 T10-T0	28	1,419	0,036	nicht normalverteilt	18	0,556	0,916	normalverteilt
Diff Prozent Arm R 100 T30-20	28	0,748	0,631	normalverteilt	18	0,551	0,921	normalverteilt
Diff Prozent Arm R 100 T40-T30	28	1,925	0,001	nicht normalverteilt	18	0,549	0,924	normalverteilt
Diff Prozent Arm R 100 T50-T40	28	1,502	0,022	nicht normalverteilt	18	1,171	0,129	normalverteilt
Diff Prozent Arm Xc 5 T10-T0	28	1,355	0,051	normalverteilt	18	1,892	0,002	nicht normalverteilt
Diff Prozent Arm Xc 5 T30-20	28	1,967	0,001	nicht normalverteilt	18	1,064	0,207	normalverteilt
Diff Prozent Arm Xc 5 T40-T30	28	2,011	0,001	nicht normalverteilt	18	1,414	0,037	nicht normalverteilt
Diff Prozent Arm Xc 5 T50-T40	28	1,885	0,002	nicht normalverteilt	18	1,292	0,071	normalverteilt
Diff Prozent Arm Xc 50 T10-T0	28	1,467	0,027	nicht normalverteilt	18	1,020	0,249	normalverteilt
Diff Prozent Arm Xc 50 T30-20	28	1,376	0,045	nicht normalverteilt	18	0,938	0,343	normalverteilt
Diff Prozent Arm Xc 50 T40-T30	28	1,733	0,005	nicht normalverteilt	18	1,783	0,003	nicht normalverteilt
Diff Prozent Arm Xc 50 T50-T40	28	2,181	0,000	nicht normalverteilt	18	1,225	0,099	normalverteilt
Diff Prozent Arm Xc 100 T10-T0	28	1,528	0,019	nicht normalverteilt	18	1,193	0,116	normalverteilt
Diff Prozent Arm Xc 100 T30-20	28	1,614	0,011	nicht normalverteilt	18	1,548	0,017	nicht normalverteilt
Diff Prozent Arm Xc 100 T40-T30	28	1,753	0,004	nicht normalverteilt	18	1,903	0,001	nicht normalverteilt
Diff Prozent Arm Xc 100 T50-T40	28	2,090	0,000	nicht normalverteilt	18	1,289	0,072	normalverteilt
Diff Prozent Arm PA 5 T10-T0	28	1,405	0,038	nicht normalverteilt	18	0,832	0,493	normalverteilt
Diff Prozent Arm PA 5 T30-20	28	1,782	0,003	nicht normalverteilt	18	0,980	0,292	normalverteilt
Diff Prozent Arm PA 5 T40-T30	28	2,043	0,000	nicht normalverteilt	18	0,885	0,414	normalverteilt
Diff Prozent Arm PA 5 T50-T40	28	0,949	0,329	normalverteilt	18	0,760	0,610	normalverteilt
Diff Prozent Arm PA 50 T10-T0	28	0,487	0,972	normalverteilt	18	0,791	0,559	normalverteilt
Diff Prozent Arm PA 50 T30-20	28	0,914	0,373	normalverteilt	18	0,674	0,754	normalverteilt
Diff Prozent Arm PA 50 T40-T30	28	1,471	0,026	nicht normalverteilt	18	0,541	0,931	normalverteilt
Diff Prozent Arm PA 50 T50-T40	28	0,966	0,309	normalverteilt	18	0,795	0,553	normalverteilt
Diff Prozent Arm PA 100 T10-T0	28	0,882	0,418	normalverteilt	18	0,841	0,478	normalverteilt
Diff Prozent Arm PA 100 T30-20	28	0,620	0,837	normalverteilt	18	0,519	0,950	normalverteilt

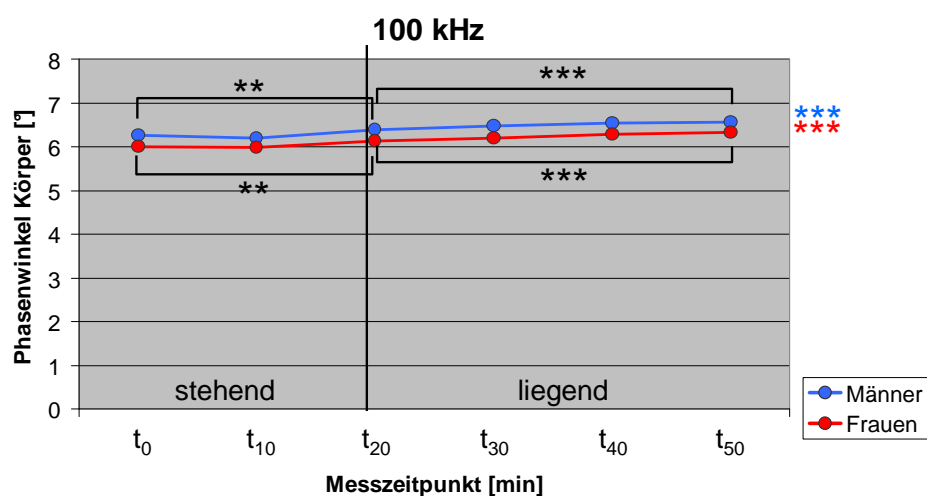
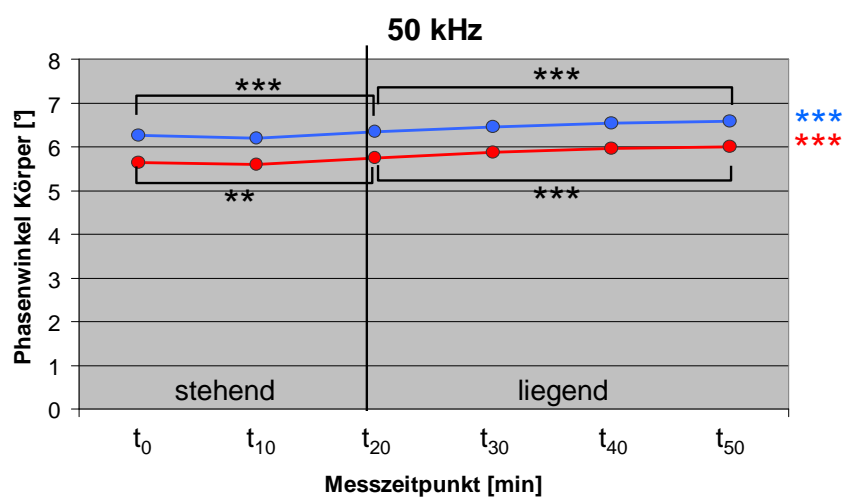
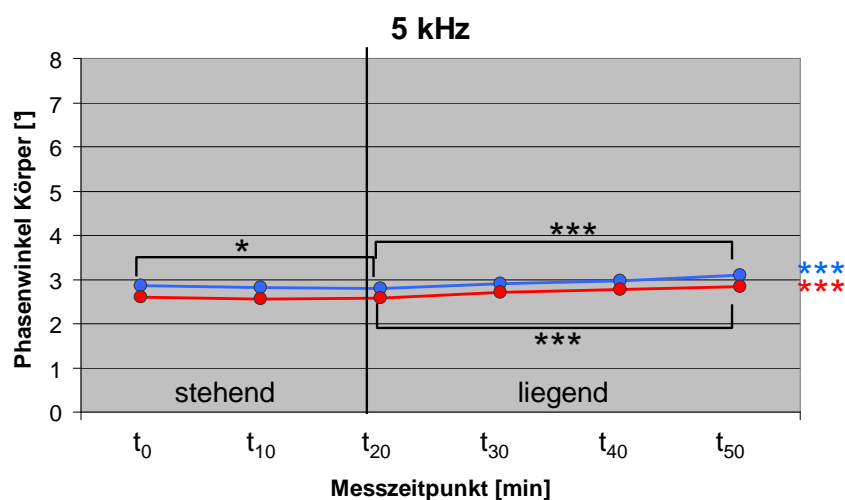
Variable	Männer				Frauen			
	N	Z	P	Normalverteilung	N	Z	P	Normalverteilung
Diff Prozent Arm PA 100 T40-T30	28	2,064	0,000	nicht normalverteilt	18	0,645	0,799	normalverteilt
Diff Prozent Arm PA 100 T50-T40	28	2,135	0,000	nicht normalverteilt	18	1,045	0,225	normalverteilt
Diff Prozent Bein R 5 T10-T0	28	1,656	0,008	nicht normalverteilt	18	1,550	0,016	nicht normalverteilt
Diff Prozent Bein R 5 T30-20	28	0,903	0,388	normalverteilt	18	0,677	0,748	normalverteilt
Diff Prozent Bein R 5 T40-T30	28	0,580	0,890	normalverteilt	18	0,569	0,902	normalverteilt
Diff Prozent Bein R 5 T50-T40	28	0,704	0,704	normalverteilt	18	0,376	0,999	normalverteilt
Diff Prozent Bein R 50 T10-T0	28	2,092	0,000	nicht normalverteilt	18	1,907	0,001	nicht normalverteilt
Diff Prozent Bein R 50 T30-20	28	0,681	0,742	normalverteilt	18	0,443	0,990	normalverteilt
Diff Prozent Bein R 50 T40-T30	28	1,536	0,018	nicht normalverteilt	18	0,382	0,999	normalverteilt
Diff Prozent Bein R 50 T50-T40	28	1,320	0,061	normalverteilt	18	0,782	0,574	normalverteilt
Diff Prozent Bein R 100 T10-T0	28	2,061	0,000	nicht normalverteilt	18	2,010	0,001	nicht normalverteilt
Diff Prozent Bein R 100 T30-20	28	0,701	0,710	normalverteilt	18	0,909	0,380	normalverteilt
Diff Prozent Bein R 100 T40-T30	28	1,427	0,034	nicht normalverteilt	18	0,375	0,999	normalverteilt
Diff Prozent Bein R 100 T50-T40	28	1,242	0,091	normalverteilt	18	0,631	0,821	normalverteilt
Diff Prozent Bein Xc 5 T10-T0	28	1,508	0,021	nicht normalverteilt	18	1,320	0,061	normalverteilt
Diff Prozent Bein Xc 5 T30-20	28	1,488	0,024	nicht normalverteilt	18	1,072	0,200	normalverteilt
Diff Prozent Bein Xc 5 T40-T30	28	1,879	0,002	nicht normalverteilt	18	1,149	0,142	normalverteilt
Diff Prozent Bein Xc 5 T50-T40	28	2,045	0,000	nicht normalverteilt	18	1,108	0,172	normalverteilt
Diff Prozent Bein Xc 50 T10-T0	28	1,715	0,006	nicht normalverteilt	18	0,910	0,379	normalverteilt
Diff Prozent Bein Xc 50 T30-20	28	1,042	0,228	normalverteilt	18	0,763	0,606	normalverteilt
Diff Prozent Bein Xc 50 T40-T30	28	1,558	0,016	nicht normalverteilt	18	1,165	0,133	normalverteilt
Diff Prozent Bein Xc 50 T50-T40	28	1,760	0,004	nicht normalverteilt	18	1,406	0,038	nicht normalverteilt
Diff Prozent Bein Xc 100 T10-T0	28	2,157	0,000	nicht normalverteilt	18	1,544	0,017	nicht normalverteilt
Diff Prozent Bein Xc 100 T30-20	28	1,252	0,087	normalverteilt	18	1,079	0,195	normalverteilt
Diff Prozent Bein Xc 100 T40-T30	28	2,157	0,000	nicht normalverteilt	18	1,051	0,219	normalverteilt
Diff Prozent Bein Xc 100 T50-T40	28	1,667	0,008	nicht normalverteilt	18	1,013	0,257	normalverteilt
Diff Prozent Bein PA 5 T10-T0	28	1,012	0,257	normalverteilt	18	0,598	0,866	normalverteilt
Diff Prozent Bein PA 5 T30-20	28	0,523	0,947	normalverteilt	18	0,476	0,977	normalverteilt
Diff Prozent Bein PA 5 T40-T30	28	2,275	0,000	nicht normalverteilt	18	0,413	0,996	normalverteilt
Diff Prozent Bein PA 5 T50-T40	28	2,503	0,000	nicht normalverteilt	18	0,487	0,971	normalverteilt
Diff Prozent Bein PA 50 T10-T0	28	1,552	0,016	nicht normalverteilt	18	1,546	0,017	nicht normalverteilt
Diff Prozent Bein PA 50 T30-20	28	0,533	0,939	normalverteilt	18	0,436	0,991	normalverteilt
Diff Prozent Bein PA 50 T40-T30	28	0,640	0,808	normalverteilt	18	1,581	0,013	nicht normalverteilt

Variable	Männer				Frauen			
	N	Z	P	Normalverteilung	N	Z	P	Normalverteilung
Diff Prozent Bein PA 50 T50-T40	28	0,917	0,370	normalverteilt	18	1,840	0,002	nicht normalverteilt
Diff Prozent Bein PA 100 T10-T0	28	2,082	0,000	nicht normalverteilt	18	1,707	0,006	nicht normalverteilt
Diff Prozent Bein PA 100 T30-20	28	0,660	0,776	normalverteilt	18	0,593	0,874	normalverteilt
Diff Prozent Bein PA 100 T40-T30	28	0,517	0,952	normalverteilt	18	0,590	0,878	normalverteilt
Diff Prozent Bein PA 100 T50-T40	28	0,593	0,873	normalverteilt	18	0,868	0,438	normalverteilt
Diff Prozent Körper R 5 T10-T0	28	0,861	0,448	normalverteilt	18	1,928	0,001	nicht normalverteilt
Diff Prozent Körper R 5 T30-T20	28	0,564	0,908	normalverteilt	18	0,624	0,831	normalverteilt
Diff Prozent Körper R 5 T40-T30	28	0,898	0,396	normalverteilt	18	0,647	0,797	normalverteilt
Diff Prozent Körper R 5 T50-T40	28	0,644	0,801	normalverteilt	18	1,149	0,142	normalverteilt
Diff Prozent Körper R 50 T10-T0	28	0,852	0,463	normalverteilt	18	0,726	0,668	normalverteilt
Diff Prozent Körper R 50 T30-T20	28	0,920	0,365	normalverteilt	18	0,638	0,810	normalverteilt
Diff Prozent Körper R 50 T40-T30	28	0,892	0,404	normalverteilt	18	0,542	0,931	normalverteilt
Diff Prozent Körper R 50 T50-T40	28	0,648	0,796	normalverteilt	18	1,208	0,108	normalverteilt
Diff Prozent Körper R 100 T10-T0	28	1,235	0,095	normalverteilt	18	0,615	0,844	normalverteilt
Diff Prozent Körper R 100 T30-20	28	0,885	0,414	normalverteilt	18	0,473	0,978	normalverteilt
Diff Prozent Körper R 100 T40-T30	28	1,062	0,209	normalverteilt	18	0,794	0,553	normalverteilt
Diff Prozent Körper R 100 T50-T40	28	0,643	0,802	normalverteilt	18	1,199	0,113	normalverteilt
Diff Prozent Körper Xc 5 T10-T0	28	1,193	0,116	normalverteilt	18	0,915	0,373	normalverteilt
Diff Prozent Körper Xc 5 T30-20	28	2,511	0,000	nicht normalverteilt	18	0,639	0,809	normalverteilt
Diff Prozent Körper Xc 5 T40-T30	28	1,701	0,006	nicht normalverteilt	18	0,824	0,505	normalverteilt
Diff Prozent Körper Xc 5 T50-T40	28	2,493	0,000	nicht normalverteilt	18	0,831	0,494	normalverteilt
Diff Prozent Körper Xc 50 T10-T0	28	0,929	0,354	normalverteilt	18	1,190	0,118	normalverteilt
Diff Prozent Körper Xc 50 T30-20	28	1,316	0,063	normalverteilt	18	1,046	0,224	normalverteilt
Diff Prozent Körper Xc 50 T40-T30	28	1,351	0,052	normalverteilt	18	0,860	0,450	normalverteilt
Diff Prozent Körper Xc 50 T50-T40	28	1,202	0,111	normalverteilt	18	1,178	0,125	normalverteilt
Diff Prozent Körper Xc 100 T10-T0	28	0,960	0,316	normalverteilt	18	0,731	0,660	normalverteilt
Diff Prozent Körper Xc 100 T30-20	28	1,292	0,071	normalverteilt	18	0,767	0,598	normalverteilt
Diff Prozent Körper Xc 100 T40-T30	28	1,600	0,012	nicht normalverteilt	18	0,664	0,770	normalverteilt
Diff Prozent Körper Xc 100 T50-T40	28	1,453	0,029	nicht normalverteilt	18	0,992	0,278	normalverteilt
Diff Prozent Körper PA 5 T10-T0	28	0,835	0,488	normalverteilt	18	0,937	0,343	normalverteilt
Diff Prozent Körper PA 5 T30-20	28	2,542	0,000	nicht normalverteilt	18	0,523	0,947	normalverteilt
Diff Prozent Körper PA 5 T40-T30	28	1,950	0,001	nicht normalverteilt	18	0,999	0,271	normalverteilt
Diff Prozent Körper PA 5 T50-T40	28	2,502	0,000	nicht normalverteilt	18	0,530	0,941	normalverteilt

Variable	Männer				Frauen			
	N	Z	P	Normalverteilung	N	Z	P	Normalverteilung
Diff Prozent Körper PA 50 T10-T0	28	0,776	0,584	normalverteilt	18	0,988	0,283	normalverteilt
Diff Prozent Körper PA 50 T30-20	28	0,583	0,885	normalverteilt	18	0,523	0,947	normalverteilt
Diff Prozent Körper PA 50 T40-T30	28	0,489	0,971	normalverteilt	18	0,894	0,402	normalverteilt
Diff Prozent Körper PA 50 T50-T40	28	0,821	0,510	normalverteilt	18	0,547	0,926	normalverteilt
Diff Prozent Körper PA 100 T10-T0	28	0,638	0,811	normalverteilt	18	0,902	0,390	normalverteilt
Diff Prozent Körper PA 100 T30-20	28	0,613	0,847	normalverteilt	18	0,792	0,558	normalverteilt
Diff Prozent Körper PA 100 T40-T30	28	0,828	0,500	normalverteilt	18	0,928	0,355	normalverteilt
Diff Prozent Körper PA 100 T50-T40	28	0,527	0,944	normalverteilt	18	0,781	0,576	normalverteilt
Systole (mmHg) - T0	27	0,596	0,870	normalverteilt	18	0,668	0,764	normalverteilt
Systole (mmHg) - T10	27	0,549	0,924	normalverteilt	18	0,832	0,494	normalverteilt
Systole (mmHg) - T20	26	0,630	0,823	normalverteilt	18	0,957	0,319	normalverteilt
Systole (mmHg) - T30	27	0,576	0,894	normalverteilt	18	0,691	0,726	normalverteilt
Systole (mmHg) - T40	27	0,553	0,920	normalverteilt	18	0,678	0,748	normalverteilt
Systole (mmHg) - T50	27	0,602	0,862	normalverteilt	18	0,795	0,553	normalverteilt
Diastole (mmHg) - T0	27	0,845	0,473	normalverteilt	18	0,705	0,703	normalverteilt
Diastole (mmHg) - T10	27	0,805	0,536	normalverteilt	18	0,670	0,760	normalverteilt
Diastole (mmHg) - T20	26	0,509	0,958	normalverteilt	18	1,019	0,251	normalverteilt
Diastole (mmHg) - T30	27	0,826	0,502	normalverteilt	18	0,443	0,990	normalverteilt
Diastole (mmHg) - T40	27	0,588	0,880	normalverteilt	18	0,863	0,446	normalverteilt
Diastole (mmHg) - T50	27	0,807	0,532	normalverteilt	18	0,537	0,935	normalverteilt
Puls (Schläge/Min.) - T0	27	0,569	0,902	normalverteilt	18	0,482	0,975	normalverteilt
Puls (Schläge/Min.) - T10	27	0,387	0,998	normalverteilt	18	0,773	0,589	normalverteilt
Puls (Schläge/Min.) - T20	26	0,584	0,884	normalverteilt	18	0,632	0,819	normalverteilt
Puls (Schläge/Min.) - T30	27	0,549	0,923	normalverteilt	18	0,567	0,905	normalverteilt
Puls (Schläge/Min.) - T40	27	0,507	0,960	normalverteilt	18	0,777	0,583	normalverteilt
Puls (Schläge/Min.) - T50	27	0,401	0,997	normalverteilt	18	0,670	0,760	normalverteilt
BCM (kg) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T0	28	0,679	0,745	normalverteilt	18	0,507	0,959	normalverteilt
BCM (kg) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T10	28	0,726	0,668	normalverteilt	18	0,510	0,957	normalverteilt
BCM (kg) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T20	28	0,625	0,830	normalverteilt	18	0,434	0,992	normalverteilt
BCM (kg) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T30	28	0,615	0,844	normalverteilt	18	0,455	0,986	normalverteilt
BCM (kg) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T40	28	0,677	0,749	normalverteilt	18	0,440	0,990	normalverteilt
BCM (kg) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T50	28	0,776	0,584	normalverteilt	18	0,500	0,964	normalverteilt
ECM (kg) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T0	28	0,569	0,902	normalverteilt	18	0,812	0,525	normalverteilt

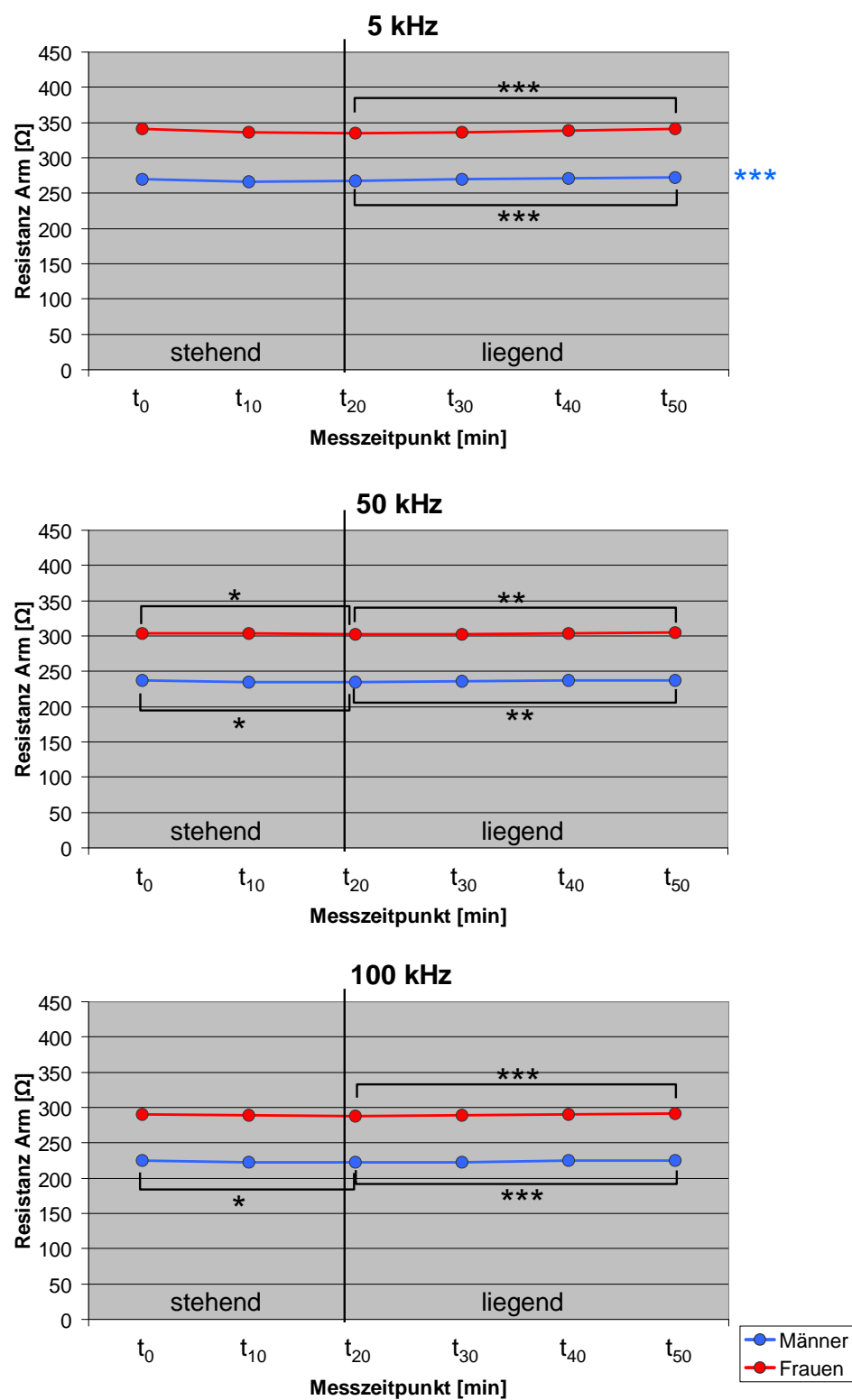
Variable	Männer				Frauen			
	N	Z	P	Normalverteilung	N	Z	P	Normalverteilung
ECM (kg) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T10	28	0,515	0,954	normalverteilt	18	0,803	0,539	normalverteilt
ECM (kg) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T20	28	0,398	0,997	normalverteilt	18	0,619	0,838	normalverteilt
ECM (kg) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T30	28	0,429	0,993	normalverteilt	18	0,826	0,503	normalverteilt
ECM (kg) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T40	28	0,412	0,996	normalverteilt	18	0,622	0,834	normalverteilt
ECM (kg) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T50	28	0,484	0,973	normalverteilt	18	0,691	0,727	normalverteilt
LBM (kg) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T0	28	0,784	0,570	normalverteilt	18	0,577	0,893	normalverteilt
LBM (kg) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T10	28	0,941	0,339	normalverteilt	18	0,571	0,900	normalverteilt
LBM (kg) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T20	28	0,962	0,313	normalverteilt	18	0,592	0,875	normalverteilt
LBM (kg) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T30	28	0,915	0,372	normalverteilt	18	0,556	0,917	normalverteilt
LBM (kg) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T40	28	0,914	0,374	normalverteilt	18	0,586	0,882	normalverteilt
LBM (kg) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T50	28	0,954	0,322	normalverteilt	18	0,599	0,866	normalverteilt
ECW (L) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T0	28	0,865	0,443	normalverteilt	18	0,734	0,654	normalverteilt
ECW (L) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T10	28	0,918	0,368	normalverteilt	18	0,765	0,602	normalverteilt
ECW (L) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T20	28	0,858	0,454	normalverteilt	18	1,493	0,023	nicht normalverteilt
ECW (L) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T30	28	0,850	0,466	normalverteilt	18	0,679	0,746	normalverteilt
ECW (L) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T40	28	0,899	0,394	normalverteilt	18	0,694	0,721	normalverteilt
ECW (L) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T50	28	0,762	0,607	normalverteilt	18	0,695	0,720	normalverteilt
ICW (L) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T0	28	0,825	0,504	normalverteilt	18	0,448	0,988	normalverteilt
ICW (L) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T10	28	0,807	0,532	normalverteilt	18	0,947	0,331	normalverteilt
ICW (L) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T20	28	0,823	0,507	normalverteilt	18	1,224	0,100	normalverteilt
ICW (L) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T30	28	0,758	0,614	normalverteilt	18	0,419	0,995	normalverteilt
ICW (L) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T40	28	0,851	0,464	normalverteilt	18	0,411	0,996	normalverteilt
ICW (L) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T50	28	0,757	0,616	normalverteilt	18	0,421	0,994	normalverteilt
TBW (L) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T0	28	0,777	0,582	normalverteilt	18	0,563	0,909	normalverteilt
TBW (L) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T10	28	0,777	0,582	normalverteilt	18	0,586	0,883	normalverteilt
TBW (L) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T20	28	0,969	0,305	normalverteilt	18	0,613	0,847	normalverteilt
TBW (L) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T30	28	0,930	0,353	normalverteilt	18	1,098	0,179	normalverteilt
TBW (L) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T40	28	0,917	0,369	normalverteilt	18	0,539	0,934	normalverteilt
TBW (L) - Data Input, Meth. 1, Mess. rechts - T50	28	0,945	0,334	normalverteilt	18	0,573	0,898	normalverteilt

A-10 Verlauf der Messwerte von t_0 zu t_{50} – Phasenwinkel ganzer Körper



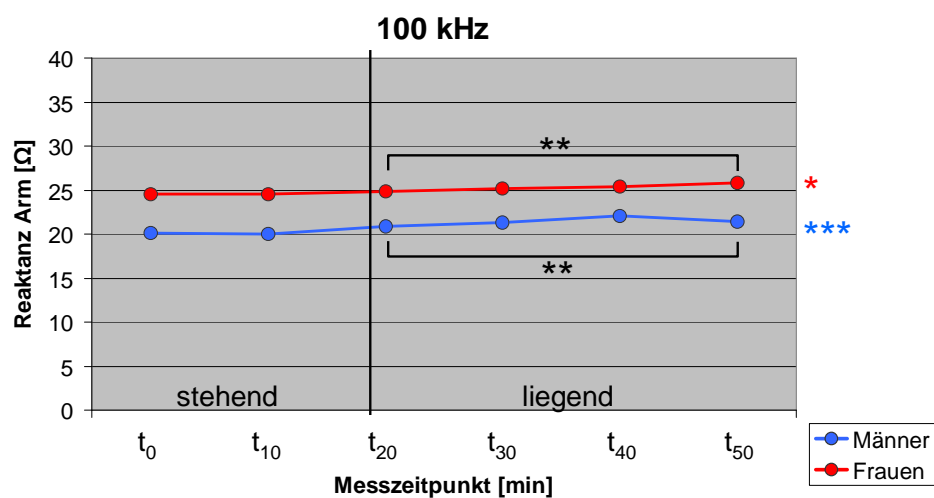
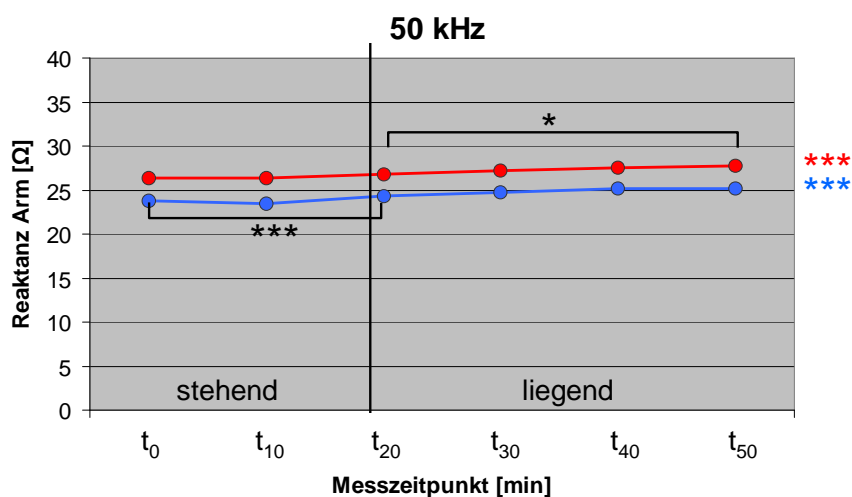
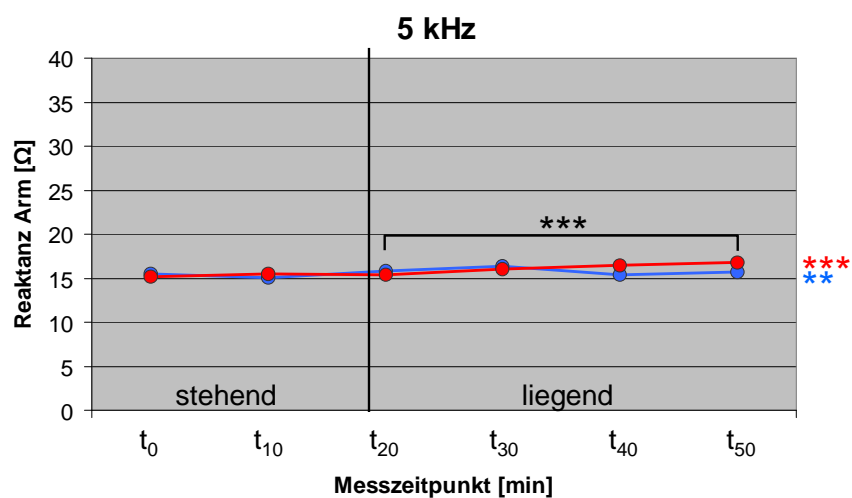
min = Minuten; t_0 = Start der Messung; t_{10} , t_{20} , t_{30} , t_{40} , t_{50} = t_0 + 10 min, + 20 min, + 30 min, + 40 min + 50 min;
 * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$

A-11 Verlauf der Messwerte von t_0 zu t_{50} – Resistanz rechter Arm



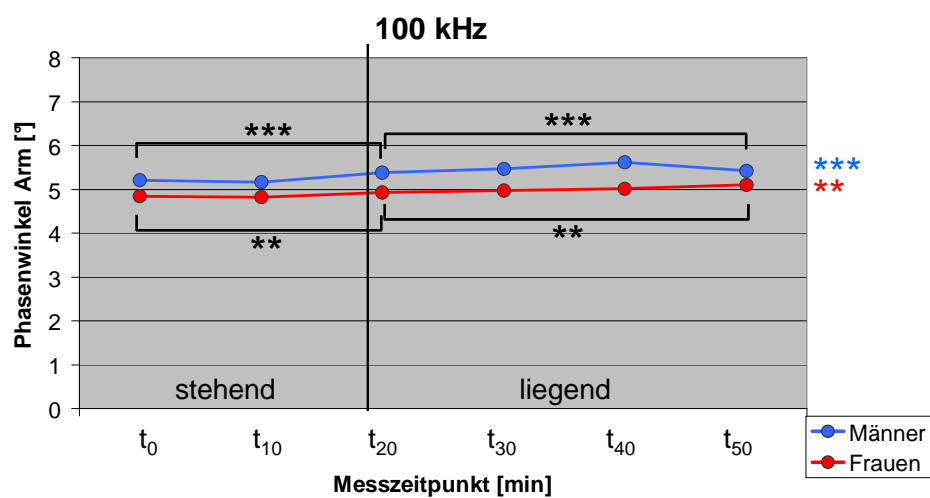
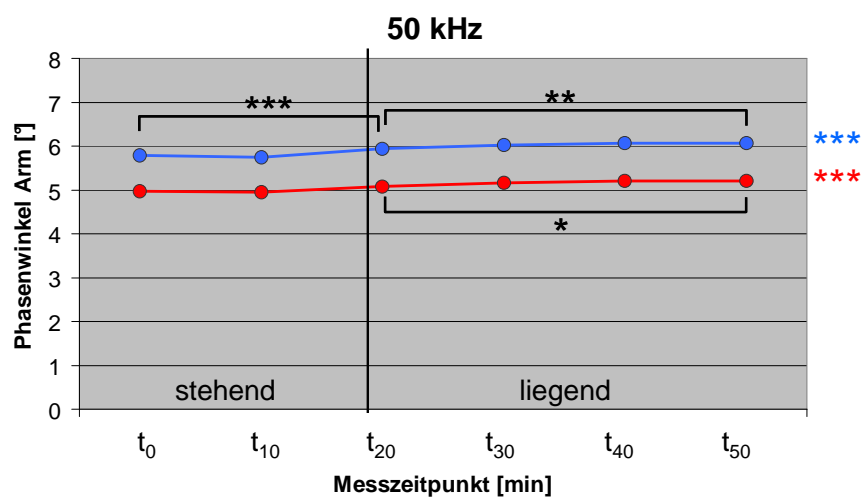
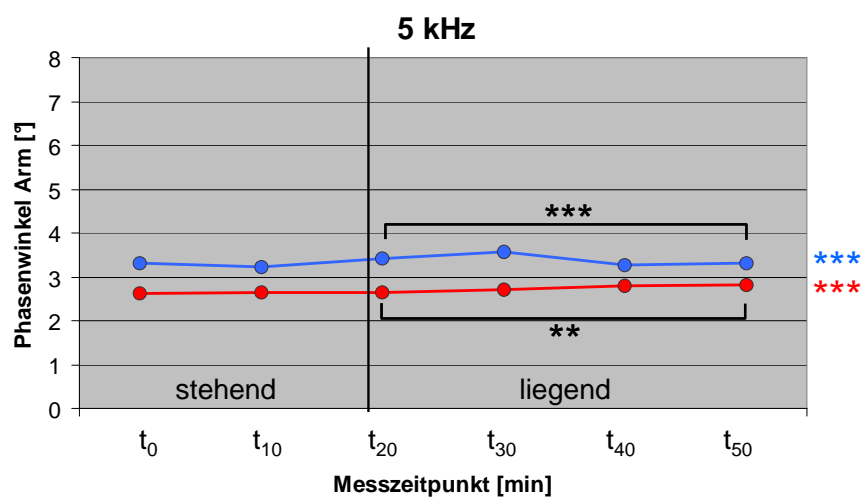
min = Minuten; t_0 = Start der Messung; $t_{10}, t_{20}, t_{30}, t_{40}, t_{50} = t_0 + 10 \text{ min}, + 20 \text{ min}, + 30 \text{ min}, + 40 \text{ min} + 50 \text{ min}$;
 * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$

A-12 Verlauf der Messwerte von t_0 zu t_{50} – Reaktanz rechter Arm



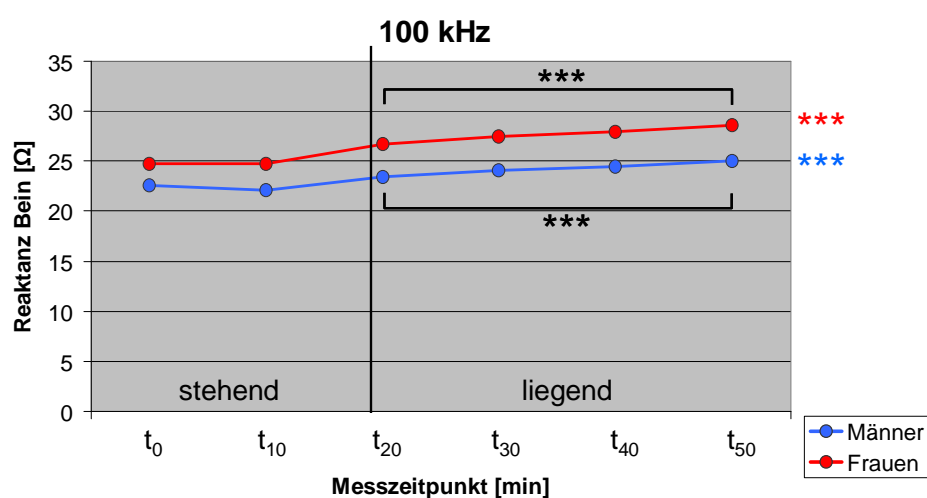
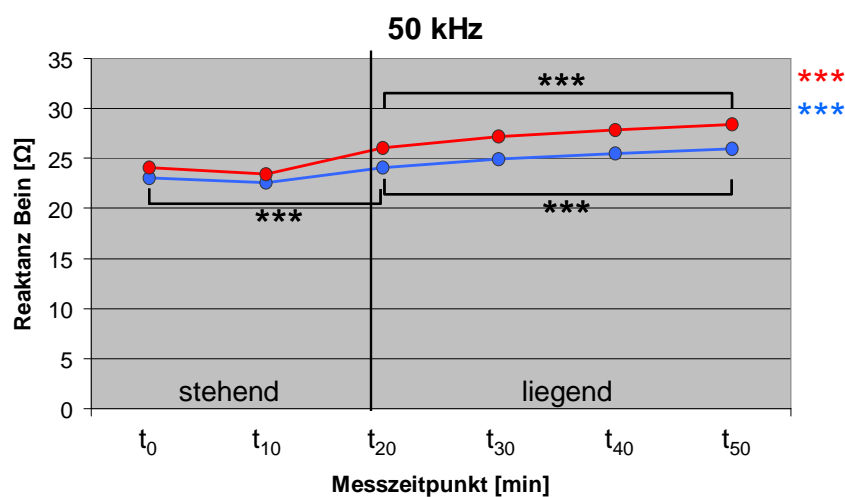
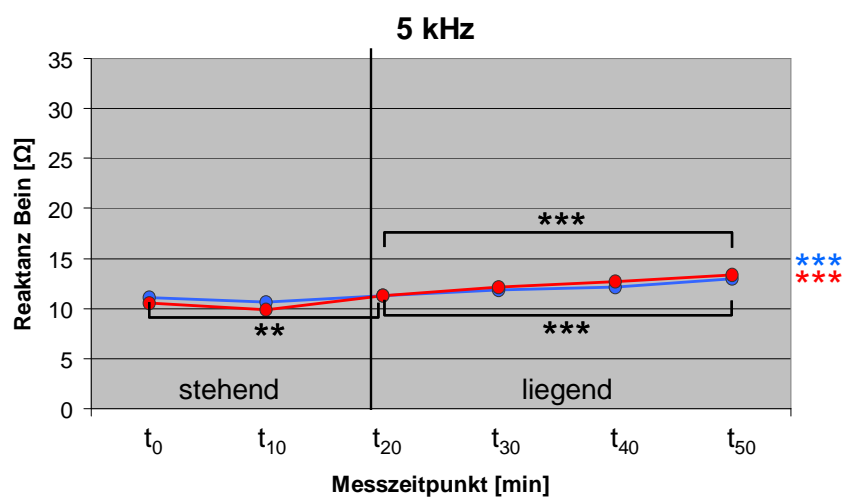
min = Minuten; t_0 = Start der Messung; t_{10} , t_{20} , t_{30} , t_{40} , t_{50} = t_0 + 10 min, + 20 min, + 30 min, + 40 min + 50 min;
 * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$

A-13 Verlauf der Messwerte von t_0 zu t_{50} – Phasenwinkel rechter Arm



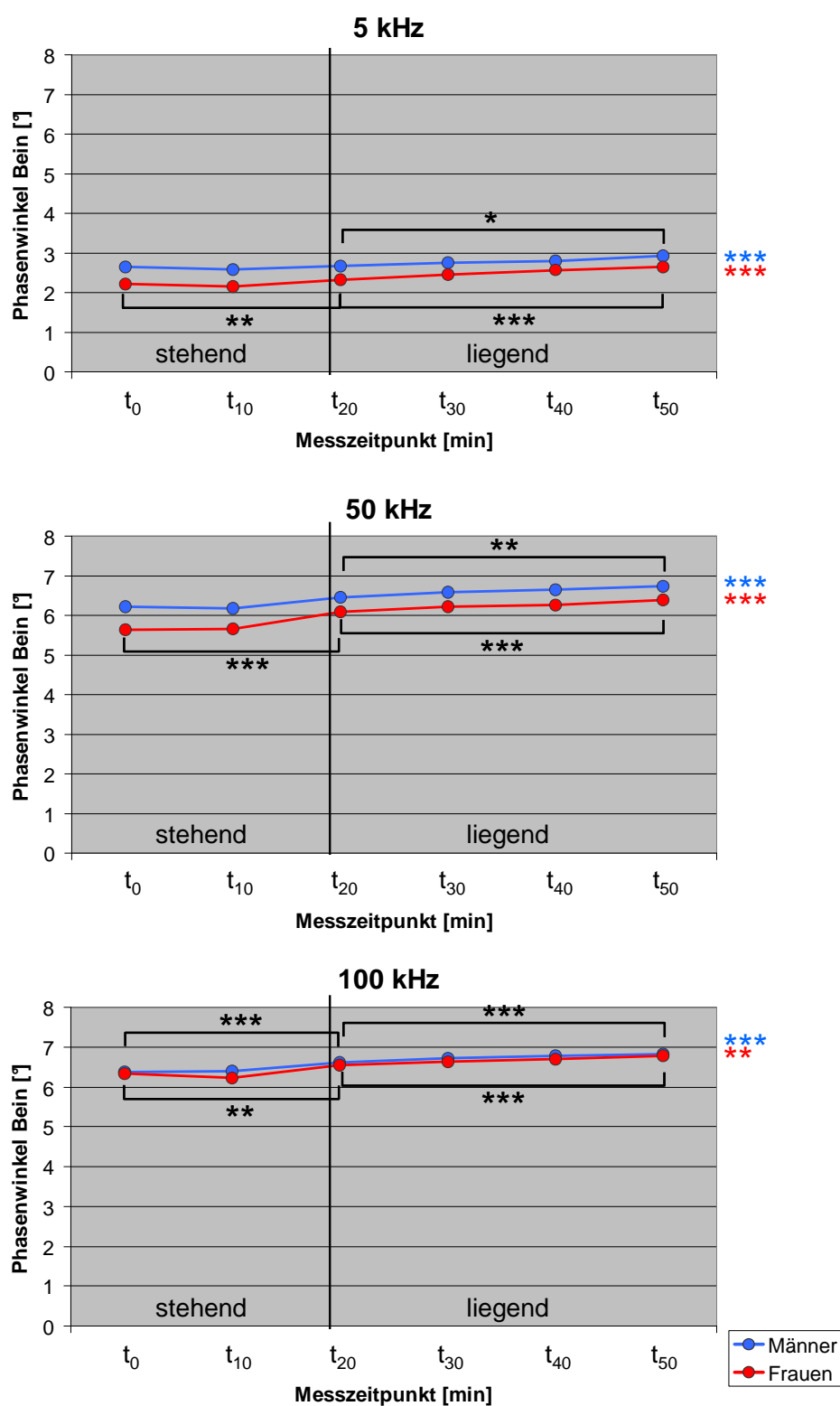
min = Minuten; t_0 = Start der Messung; t_{10} , t_{20} , t_{30} , t_{40} , t_{50} = t_0 + 10 min, + 20 min, + 30 min, + 40 min + 50 min;
 * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$

A-15 Verlauf der Messwerte von t_0 zu t_{50} – Reaktanz rechtes Bein



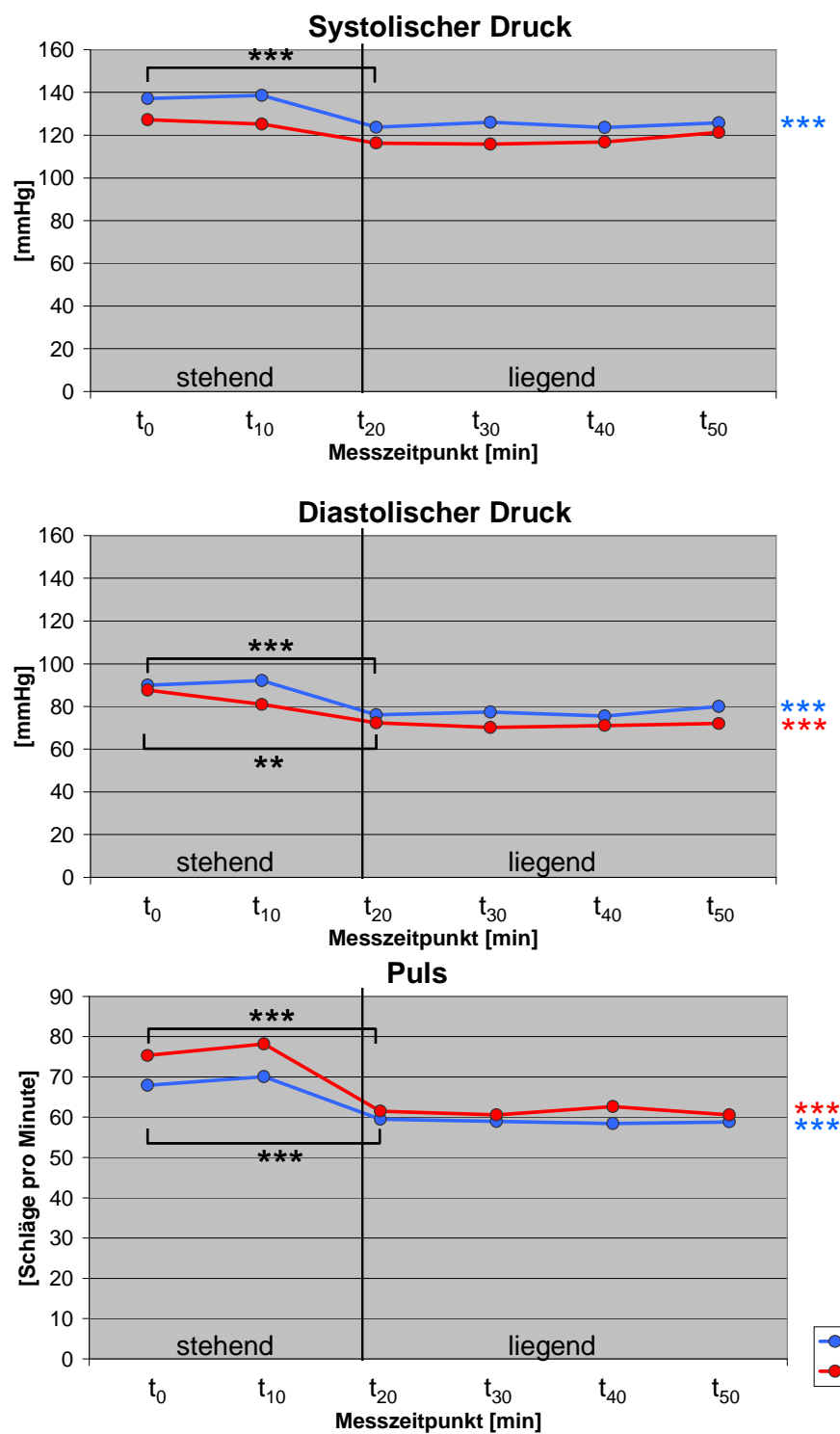
min = Minuten; t_0 = Start der Messung; t_{10} , t_{20} , t_{30} , t_{40} , t_{50} = t_0 + 10 min, + 20 min, + 30 min, + 40 min + 50 min;
 ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$

A-16 Verlauf der Messwerte von t_0 zu t_{50} – Phasenwinkel rechtes Bein



min = Minuten; t_0 = Start der Messung; t_{10} , t_{20} , t_{30} , t_{40} , t_{50} = t_0 + 10 min, + 20 min, + 30 min, + 40 min + 50 min;
 * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$

A-17 Verlauf der Messwerte von t_0 zu t_{50} – systolischer Druck, diastolischer Druck, Puls



min = Minuten; t_0 = Start der Messung; t_{10} , t_{20} , t_{30} , t_{40} , t_{50} = t_0 + 10 min, + 20 min, + 30 min, + 40 min + 50 min;
 ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$

9 Danksagung

Ich danke Frau Professor Manuela Dittmar für die Bereitstellung der Arbeit, Beratung und Betreuung und besonderer Dank für die Unterstützung mit der statistischen Auswertung.

Danke an Herrn Professor Martin Heller für die Möglichkeit, DXA-Untersuchungen in der Radiologischen Klinik des Universitätsklinikums durchzuführen und für die Bereiterklärung der Prüfungskommission beizuwohnen.

Weiterhin danke ich Herrn Professor Thomas Roeder für die Übernahme des Zweitgutachtens.

Den Medizinisch-technischen Radiologieassistentinnen des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein in Kiel Jutta Krause, Saeedeh Abdan und Claudia Vorderbrügge danke ich für die technische Unterstützung bei den DXA-Messungen.

Ein Dank gilt auch Herrn Dr. Jens Trendtmann für die Befundung der Knochendichtemessungen.

Bei Kathrin Dettbarn bedanke ich mich dafür, dass sie die Datenerhebung bei jungen Probandinnen durchgeführt hat.

Meinen Mitdoktorandinnen und -doktoranden der humanbiologischen Abteilung des Instituts für Zoologie danke ich für die kollegiale Unterstützung.

Ganz besonders bedanke ich mich bei meinen Eltern Dorothea und Klaus Mally für ihre unendliche Geduld, die mentale Unterstützung und ihren immerwährenden Glauben an mich und meine Fähigkeiten.

Und natürlich bedanke ich mich bei den Probandinnen und Probanden, die sich freiwillig und geduldig für die Untersuchungen zur Verfügung gestellt haben.

10 Erklärung

Ich versichere hiermit an Eides statt, dass die Abhandlung - abgesehen von der Beratung durch meine Betreuerin - nach Inhalt und Form die eigene Arbeit ist. Die Inanspruchnahme fremder Hilfen habe ich aufgeführt sowie die wörtlich oder inhaltlich aus anderen Quellen entnommenen Stellen als solche gekennzeichnet.

Die Arbeit wurde weder ganz noch zum Teil einer anderen Stelle im Rahmen eines Prüfungsverfahrens vorgelegt. Ferner erkläre ich, dass ich bis zum heutigen Tage weder an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel noch an einer anderen Hochschule ein Promotionsverfahren endgültig nicht bestanden habe oder mich in einem entsprechenden Verfahren befinde oder befunden habe.

Folgende Teile der vorliegenden Arbeit wurden in Form von Artikeln in internationalen Fachzeitschriften veröffentlicht bzw. zur Veröffentlichung eingereicht:

- Mally K, Trentmann J, Heller M, Dittmar M (2011) Reliability and accuracy of segmental bioelectrical impedance analysis for assessing muscle and fat mass in older Europeans: a comparison with dual-energy X-ray absorptiometry. *European Journal of Applied Physiology*. Jan 14. DOI: 10.1007/s00421-010-1795-x
- Mally K, Dettbarn K, Dittmar M (2011) Influence of electrode position on segmental resistance, reactance, and phase angle values. *International Journal of Body Composition Research* 9: 25-32.
- Mally K, Dittmar M (2011) Comparison of three segmental multifrequency bioelectrical impedance techniques in healthy adults. *Annals of Human Biology* (eingereicht)

Diese Arbeit ist unter Einhaltung der Regeln guter wissenschaftlicher Praxis der Deutschen Forschungsgemeinschaft entstanden.

Katharina Charlotte Mally

Kiel, den 20. Juli 2011

11 Wissenschaftlicher Werdegang

Name: Katharina Charlotte Mally

Geburtsdatum: 24. Mai 1980

Geburtsort: Frankfurt am Main

Familienstand: unverheiratet

05/2007 Promotionsstudium
Christian-Albrechts-Universität Kiel,
Zoologisches Institut, Abteilung Humanbiologie

12/2006 Diplom
Thema der Diplomarbeit:
Muskelfunktion und –mechanik in Abhängigkeit von Alter und Händigkeit
angefertigt am Institut für Anthropologie des Fachbereichs Biologie

10/2000 – 12/2006 Diplomstudiengang Biologie
Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Fächer: Zoologie
Anthropologie
Publizistik

06/2000 Abitur
Philipp-Reis-Schule
Gesamtschule mit gymnasialer Oberstufe, Friedrichsdorf
Leistungskurse: Biologie, Deutsch